



# KWK verbindet die Sektoren

**Eine Studie des Bundesverbands Kraft-Wärme-Kopplung belegt die tragende Rolle von KWK-Anlagen für die Energiewende – insbesondere im Bereich Wärme. Ein Vergleich verschiedener Szenarien zeigt die Überlegenheit der KWK gegenüber einer Strategie mit elektrischen Wärmepumpen.**

Energiewende bedeutet deutlich mehr als Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und betrifft nicht nur den Strommarkt. Insbesondere dem Sektor Wärme muss bezüglich der Priorität die Bedeutung beigemessen werden, die ihm sowohl energiebilanziell als auch in seiner Klimarelevanz zukommt. Gerade hier leistet die hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) einen bedeutenden Beitrag für Versorgungssicherheit und Klimaschutz, denn sie verbindet den Strommarkt mit dem Wärmemarkt und verknüpft beide mit dem Gasmarkt. KWK hat die Fähigkeit zur Deckung der Residuallast, wenn

nach dem Ausstieg aus der Kernenergie auch die Kohleverstromung schrittweise beendet wird.

Die gleichzeitige und gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme in KWK spart gegenüber konventioneller Erzeugung bis zu 50 Prozent Primärenergie und für die Bereitstellung der gleichen Nutzenergie bis zu 80 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. Sie ist daher gerade mit Blick auf die Sektorkopplung der ideale und dauerhafte Partner der fluktuierenden Sonnen- und Windenergie und mitnichten eine Brückentechnologie, wenn zunehmend Power-to-

Gas- und Biomethan-Anlagen erneuerbaren Wasserstoff und Biogas in das vorhandene Erdgasnetz als flächendeckendem Energiespeicher einspeisen.

In diesen Hintergrund ist die Kraft-Wärme-Kopplung einzuordnen, wenn es um die Diskussion ihrer Rolle in der Energiewende geht. Dies geschieht vor dem Spannungsfeld, dass die Wärmeerzeugung aus Gründen des Klimaschutzes konsequent dekarbonisiert werden muss. Hierzu soll, so die Aussage einer Reihe von Studien, eine zügige Ausweitung der Stromerzeugung aus Wind und Sonne mit einem massiven Einsatz von dezentralen Elektrowärmepumpen zur flächendeckenden Beheizung des Gebäudebestands einhergehen und verbunden werden. Welche

Auswirkungen allerdings eine solche Wärmepumpenstrategie auf den Strommarkt haben und ob eine alternative KWK-Strategie mit Einbindung von elektrischen Heizsystemen nicht zielführender sein würde, ist Gegenstand der vom Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung (B.KWK) im März 2018 vorgelegten Studie zur Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende.

### Vergleichende Szenarioanalyse

Aufgabenstellung für die Studie, die das Fraunhofer-Institut IFAM im Auftrag des B.KWK erstellt hat, war die Erarbeitung einer vergleichenden Szenarioanalyse eines flächendeckenden, elektrischen Wärmepumpensystems für die wärmetechnische Sanierung des Gebäudebestands auf der einen Seite und der Alternative eines ambitionierten KWK-Systems mit einer weitestgehenden Dekarbonisierung auf der anderen Seite. Beiden Szenarien gleich war die Konzentration auf den Wärmebereich für Raumheizung und Warmwasserbereitung in den Verbrauchssektoren Private Haushalte (PHH) und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) mit dem Ziel einer qualitativen Beurteilung der wesentlichen Vor- und Nachteile mit Blick auf grundsätzliche Strategieelemente zur energiepolitischen Entscheidungsfindung für die zu schaffenden gesetzlichen Rahmenbedingungen.

Zur Identifizierung der Stärken und Schwächen einer Wärmeversorgung auf Basis der Sektorkopplungstechnologien Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung wurde im Rahmen der Studie ein Referenzszenario erstellt, das auf Ergebnissen umfangreicher Modell-

rechnungen des DLR-Instituts für Technische Thermodynamik mit dem Zieljahr 2050 beruht und das eine moderate Entwicklung sowohl der Wärmepumpen als auch der KWK-Anlagen in Verbindung mit einem Ausbau der erneuerbaren Energien zugrunde legt. In diesem Zusammenhang wird durch Klimaschutzbemühungen davon ausgegangen, dass der Wärmebedarf der Verbrauchssektoren PHH und GHD von 750 Terawattstunden (TWh) bis 2050 um 41 Prozent auf 444 TWh reduziert wird. In diesem in der Studie als Base50 bezeichneten Referenzszenario zeigt sich, dass im Wärmepumpenszenario die Wärmebereitstellung der KWK-Anlagen gegenüber dem Referenzszenario deutlich zurückgedrängt würde. Im KWK-Szenario würde indes die Wärmebereitstellung durch KWK-Systeme gegenüber dem Referenzszenario bei gleichbleibendem Beitrag dezentraler Wärmepumpen mehr als verdoppelt werden, wobei ein großer Anteil bereits durch Elektroheizsysteme (Großwärmepumpen, Power to Heat) erzeugt würde. Zum Bilanzausgleich des Wärmebedarfs tragen hiernach jeweils die Solarthermie und die Biomasse bei.

### Erheblicher Strombedarf

Da das Wärmepumpenszenario einen erheblichen Strommehrbedarf hat, der aus Gründen der

Dekarbonisierung durch Wind und Sonne erzeugt werden müsste, ist als Prämisse ein Vergleichsmaßstab einzuführen, der dem diesbezüglichen Ausbau der fluktuierenden erneuerbaren Energien Rechnung trägt und der in der Studie als EE50 bezeichnet ist. Dabei wird deutlich, dass der erforderliche Ausbau der Wind- und Sonnenenergie einer erheblichen Anstrengung bedarf. So müsste etwa die Anlagenleistung der Photovoltaik gegenüber dem Jahr 2017 verdoppelt und ihre Stromerzeugung fast verdreifacht werden. Auch eine nahezu Verdopplung der Onshore-Windstromerzeugung wäre notwendig sowie eine Vervielfachung des Offshore-Windes, da neben dem Wärmebereich auch die anderen Verbrauchssektoren in PHH und GHD-Gebäuden sowie dem Verkehr mit erneuerbarem Strom zu versorgen sind.

Hinzu tritt gerade mit Blick auf den Schwerpunkt der Wärmebedarfsdeckung in der Heizperiode die Tatsache, dass in diesen Zeiten durch den weitgehenden Wegfall der solaren Stromerzeugung und die stark volatile Windkraftnutzung die erforderlichen Strommengen nicht zur Verfügung stehen. Hierzu hat das Fraunhofer-Institut IFAM umfangreiche Berechnungen in Zeitreihen angestellt und kommt zu dem Ergebnis, dass erhebliche Residuallasten des Strombedarfs ►



#### Der Autor: Christoph Zeis

Christoph Zeis ist Geschäftsführer der Energiedienstleistungsgesellschaft Rheinhessen-Nahe mbH. Er ist seit 2003 Mitglied im Vorstand des Bundesverbands Kraft-Wärme-Kopplung (B.KWK) und Vorsitzender des Beirats Grundsatzfragen des B.KWK.

über weite Zeiträume des Jahres konventionell zu decken wären. Diese Residuallasten, also die Differenz des Strombedarfs und der erneuerbaren Energien, betragen bei moderatem Ausbau im Base50-Szenario in 2.000 Jahresstunden rund zehn Gigawatt (GW) und in der Spitze des Leistungsbedarfes bis zu 54 GW. Im intensiven Ausbauszenario EE50 benötigt die Wärmepumpenstrategie in 2.000 Stunden rund sieben GW und in der Spitze bis zu 46 GW elektrische Leistung.

Hinsichtlich der Zusammensetzung des sich daraus ergebenden Wärmepumpenstroms folgt im Ergebnis, dass ein erheblicher Strombedarf für die Wärmeerzeugung in Wärmepumpen verbleibt, der konventionell oder über Stromimporte aus den Nachbarländern der Bundesrepublik Deutschland bereitgestellt werden müsste.

Das Ergebnis der Zeitreihen und deren Bilanzierung zeigt, dass im moderaten Base50-Szenario 64 Prozent des Strombedarfs der Wärmepumpen nicht aus erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Im anspruchsvollen Szenario EE50 würden immer noch 45 Prozent des Wärmepumpenstroms aus konventionellen Quellen stammen müssen. Eingerechnet sind in beiden Szenarien bereits Strommengen aus erneuerbarer KWK-Leistung und aus fossilen KWK-Anlagen sowie der regelbaren erneuerbaren Energien. Im Fokus steht hier insbesondere auch das Problem der Dunkelflaute zu Zeiten, in denen bei längerer Kälteperiode keine erneuerbare Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windkraft zur Verfügung steht. Die Studie hat hierzu ermittelt, dass zu diesen Zeiten durch Wärmepumpen

eine Last von 31,9 bis 53,6 GW verursacht würde, die durch KWK-Anlagen, regelbare erneuerbare Energien und fossile Kraftwerke zu erzeugen wäre.

## Ergebnisse des KWK-Szenarios

Im Vergleich zum Wärmepumpenszenario ist die Sektorkopplung der KWK-Strategie nicht mit einer Zunahme des Stromeinsatzes zur Beheizung von Gebäuden verbunden, sondern verläuft parallel zum Erreichen der Ziele mit dem Ausbau gasbasierter KWK-Anlagen. Der damit zusätzlich erzeugte Strom ersetzt zukünftig vor allem konventionellen, fossilen Strom aus Kohlekraftwerken, die zudem nicht auf KWK-Basis arbeiten. Die Effizienz der Kraft-Wärme-Kopplung mit verstärktem Wechsel des Brennstoffs hin zu erneuerbaren Gasen leistet über die Primärenergieeinsparung hinaus einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz durch Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Studie hat daher vom Wärmebedarf kommend KWK-Systeme vorausgesetzt, welche die steigende Stromerzeugung aus den fluktuierenden erneuerbaren Energien integriert. Dies geschieht systematisch durch die Einbindung von Großwärmepumpen, Elektrokesseln und Power-to-Heat-Anlagen in Verbindung mit Pufferspeichern in die KWK-Systeme. Durch Anwendung einer Optimierung anhand eines Energiesystemmodells erfolgt die Einsatzplanung der Erzeugungsanlagen entlang des Wärmebedarfs mit dem Strompreissignal der Spotmärkte als Führungsgröße.

Zu Zeiten günstiger Strompreise, gleichbedeutend mit einer hohen Stromerzeugung aus Photovol-

taik- und Windkraftanlagen, werden KWK-Anlagen vom Netz genommen und durch elektrische Wärmeerzeuger ersetzt, die ihren Strombedarf aus der erneuerbaren Energieerzeugung decken. Zu Zeiten eines hohen Strompreises laufen die KWK-Anlagen und decken den Wärmebedarf direkt oder speichern ihre Wärmeenergie zu Schwachlastzeiten des Wärmebedarfs in die im System integrierten Pufferspeicher ein, die ihrerseits zu Stillstandszeiten der KWK-Anlagen zur Wärmebedarfsdeckung entladen werden können. Es zeigt sich, dass es in einem zukünftigen Modell unter Anwendung des KWK-Szenarios möglich ist, rund 60 Prozent des Wärmebedarfs der Verbrauchssektoren Private Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen in solchen KWK-Systemen zu decken.

## Andere Betriebsweisen

Gleichwohl wächst der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende eine neue Rolle zu, die zunehmend vom Strommarkt bestimmt wird. Ein notwendiger und stetig wachsender Anteil erneuerbarer Energien, der sich auf einer Vorfahrtsstraße für die Stromversorgung befindet, verlangt der KWK eine andere Betriebsweise ab. Bisher wärmegeführte KWK-Anlagen müssen auf die Signale aus dem Strommarkt reagieren, weg von Must-Run-Kraftwerken hin zu flexiblen Energieerzeugungsanlagen, die für den Ausgleich der volatilen Sonnen- und Windstromproduktion sorgen. Dies bedeutet auch für Planer und Anlagenbetreiber eine andere technische Auslegung der KWK-Anlagen, deren bisher übliche Volllaststundenzahl von mehr als 5.000 Jahresstunden sich deutlich reduzieren wird. Die Zeit-

reihen der Studie weisen der KWK in den Szenarien Base50 und EE50 die Rolle zu, für den Ausgleich der positiven Residuallast zu sorgen, mithin also die Lücke zu füllen, die Sonne und Wind hinterlassen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die KWK-Szenarien sowohl für die moderate Base50- als auch für die intensive EE50-Variante eine sehr positive Auswirkung auf die Residuallast entfalten. Die Maxima der Residuallasten werden um 65 Prozent von rund 58 GW auf etwa 20 GW reduziert, sodass das Stromdefizit auf der positiven Seite der Residuallast um 75 Prozent ausgeglichen werden kann. Die in die jeweiligen KWK-Systeme integrierten Großwärmepumpen, Elektrokessel und Power-to-Heat-Anlagen reduzieren insbesondere auch die negative Seite der Residuallast je nach Szenario von bis zu 50 GW auf 15 GW, verbunden mit einem Ausgleich der Stromüberschüsse aus Sonne und Wind von bis zu 64 Prozent.

### Fazit der Studie

Die Ergebnisse der vom B.KWK vorgelegten Kurzstudie zur Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende zeigen, dass einem Wärmepumpenszenario für den Wärmemarkt der Zukunft in Anlehnung an eine All-Electric-Strategie gravierende Nachteile innewohnen. Die direkte Nutzung der fluktuierenden Erneuerbaren kann wegen der Zeitstruktur des Betriebs der Wärmepumpen in der Heizperiode nur sehr begrenzt zur Strombedarfsdeckung beitragen, selbst wenn hierfür ein ambitionierter Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftanlagen unterstellt wird. Folglich müssten erhebliche Strommengen aus konventionellen, fossil

befeuerten Kraftwerken oder durch Stromimporte bereitgestellt werden.

Ein intensiviertes KWK-Szenario indes zeigt über das Lastprofil eines ganzen Jahres an, dass sowohl die positive als auch die negative Residuallast zu einem deutlichen Ausgleich geführt werden kann. Allerdings muss zukünftig aus Gründen der Dekarbonisierung der Primärenergiebedarf der KWK-Anlagen aus erneuerbaren Gasen gedeckt werden, die wiederum zu einem Großteil aus der Rückverstromung der erneuerbaren Energien stammen werden.

Voraussetzung für die zielführende KWK-Strategie ist der Aufbau von in der Studie ermittelten KWK-Systemen, die erhebliche Investitionen insbesondere in den Wärmenetzausbau bedeuten. Hinzu treten

weitere energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen, wie etwa die dringend erforderliche Befreiung von Steuern, Abgaben und Umlagen auf Strom für dessen Einsatz in Elektroheizsystemen, wenn dieser Strom zu Zeiten negativer Residuallast bezogen wird oder analog auch für die dezentrale Strom-eigenversorgung in Wohnobjekten und -quartieren im räumlichen Zusammenhang.

Es bleibt zu hoffen, dass mit den Ergebnissen der Studie die politisch Verantwortlichen die hohe Bedeutung der Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiewende erkennen und dass sie die gesetzlichen Rahmenbedingungen so schaffen, dass die erforderlichen Investitionen langfristig und planbar zuverlässig vorgenommen werden können. ■

**MV**

# Energetisch

**Stärken einsetzen, Menschen mitreißen, gemeinsam Herausforderungen meistern. Wer Energie bündelt, kann Visionen umsetzen. Unsere innovativen Zukunftsprojekte begeistern mit Energie. Offen, selbstbewusst, zuverlässig und energetisch.**

**Wir machen Energie nachhaltig.** Mit unserem Engagement im Bereich der erneuerbaren Energien sind wir Vorreiter der Energiewende.  
 → [energetisch.mvv.de](http://energetisch.mvv.de)

**Wir begeistern mit Energie.**

David Wolf, Spieler der Adler Mannheim