

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Energieversorgung befindet sich in einem Umbruch. War die Energiebereitstellung bis in die Neunzigerjahre geprägt durch zentrale Großkraftwerke, die mit fossilen Energieträgern befeuert wurden, erhielten zur Jahrtausendwende erstmalig dezentrale Stromerzeuger auf Basis von erneuerbaren Energien eine deutliche Förderung. Durch das 100.000-Dächer-Solarstrom-Programm wurden zinsverbilligte Kredite für die Installation von Photovoltaik-Anlagen gewährt. Die Vergütung des erzeugten Photovoltaik-Stroms erfolgte dabei durch das am 01.04.2000 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Seit dem ist das EEG zweimal, 2004 sowie 2009, novelliert worden und umfasst neben der Förderung der Stromgewinnung durch Photovoltaik-Anlagen auch die Stromerzeugung auf Basis von Windenergieanlagen, Biomasseanlagen und Wasserkraftanlagen.

Neben der Fokussierung auf die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wurde am 01.04.2002 mit dem *Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung* (KWKG) erstmalig die Energieeffizienzsteigerung im Bereich der Stromerzeugung durch die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in die deutsche Gesetzgebung aufgenommen.

Deutlich früher fanden im Bereich des Energiebedarfs Bestrebungen zur Effizienzsteigerungen Niederschlag in der Gesetzgebung: Seit 1978 gilt die Wärmeschutzverordnung (heute Energieeinsparverordnung), die unter anderem Wärmestandards für neu zu errichtende beheizte Gebäude definiert. Ergänzt wird diese Verordnung seit dem 01.01.2009 durch das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz, welches den Einsatz erneuerbarer Energien zur Bereitstellung eines Teils des Wärmebedarfs in Gebäuden vorschreibt.

Neben weiteren haben diese Gesetzgebungen und Verordnungen dazu geführt, dass erneuerbare Energien aktuell einen Anteil von 16 Prozent am Bruttostromverbrauch und 9 Prozent am gesamten Primärenergieverbrauch in Deutschland aufweisen.¹ Dieses sind Teilerfolge zur Erreichung der für das Jahr 2012 vereinbarten CO₂-Minderungsziele von 12,5 Prozent der Treibhausgasemissionen zum Vergleichsjahr 1990, wie sie im Kyoto-Protokoll vom 16.02.2005 vereinbart wurden. Im Rahmen der Verhandlungen über ein neues Klimaabkommen erklärt sich Deutschland auf der UN-Klimakonferenz in Kopenhagen bereit, die CO₂-Emissionen bis 2050 um 80 Prozent

¹ Vgl. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2008), Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2009a) und (2009b)

und mittelfristig (2020) um 20 Prozent bzw. wenn andere Länder vergleichbare Anstrengungen vornehmen um 30 Prozent zu senken, um die Erderwärmung um mehr als zwei Grad gegenüber der Zeit vor der Industrialisierung zu verhindern.²

Zur Erreichung dieser Ziele sind der weitere Ausbau erneuerbarer Energien sowie die energieträgerübergreifende Steigerung der Energieeffizienz von größter Bedeutung. Diese Einschätzung wurde durch die Aussage der Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel auf dem Vierten Ordentlichen Gewerkschaftskongress der IG Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE) am 14. Februar 2009 in Hannover bekräftigt und wichtige Handlungsfelder zur Erreichung der Ziele identifiziert: *"Der Wärmemarkt außerhalb der Industrieproduktion ist eigentlich der große schlafende Riese, den man noch erschließen muss, wenn es um die Frage des Klimaschutzes geht."*³

Hierbei kann die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) einen wichtigen Beitrag übernehmen. Durch den hohen Ausnutzungsgrad sowie den verbrauchsnahe Einsatz ist diese Form der Energiewandlung besonders effizient und für den Einsatz in der Wohnungswirtschaft sehr gut geeignet. Vertreter aus Forschung und Wissenschaft haben bereits 2006 in der achten Bullensee-These, die durch die EWE AG herausgegeben wurde, postuliert, dass *"neben der zentralen Stromerzeugung und der Nutzung erneuerbarer Energien [...] auch die dezentrale Stromerzeugung aus Kleinst-KWK-Anlagen an Bedeutung gewinnen [...]"*⁴ muss. Nach dem aktuellen KWKG soll mit einem Anteil von 25 Prozent des Gesamtstromverbrauchs in Zukunft ein großer Teil der elektrischen Energie nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen werden.

Bei einem angestrebten Anteil von über 30 Prozent regenerativ erzeugter elektrischer Energie und einem damit rückläufigen Anteil elektrischer Energie aus zentralen, fossil befeuerten Großkraftwerken, bietet die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung den Vorteil der gesteuerten und planbaren Energiebereitstellung. Während die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien schwer prognostizierbar und stark fluktuierend ist, kann der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gesteuert werden. Im Bereich der Hausenergieversorgung verfügen diese Anlagen über einen thermischen Pufferspeicher, der es ermöglicht den Anlagenbetrieb vom Bedarf zu entkoppeln. Damit bildet die Kraft-Wärme-Kopplung mit der Steuerbarkeit ein in Zukunft immer wichtigere Eigenschaft von Stromerzeugungsanlagen zur Wahrung des sicheren Betriebs der öffentlichen Stromversorgungssysteme.

² Vgl. Bundesregierung (2009)

³ Siehe Merkel (2009), S. 13

⁴ Siehe Luther et al. (2007), S. 24

1.2 Zielsetzung und Lösungsweg

In den weiteren Ausführungen der Bullensee-These wird konstatiert, dass *"der unkoordinierte Betrieb einer großen Anzahl von Mikro-KWK-Anlagen [...] energiewirtschaftlich suboptimal [ist]. Daher sind technische, organisatorische und tarifliche Systeme und Produkte zu entwickeln, bei denen sich die Einspeisung am übergeordneten Strombedarf orientiert."*⁵ Diese Aussage wird durch Simulationen sowohl eines messtechnisch erfassten Niederspannungsnetzes sowie einer für Deutschland repräsentativen Gruppe von Wohngebäuden quantifiziert.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wird im Rahmen dieser Arbeit ein Algorithmus zur Steuerung dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen der Hausenergieversorgung vorgestellt, welcher unter der Berücksichtigung der thermischen Bedarfsdeckung des Wohngebäudes den Betrieb an den Anforderungen des öffentlichen Versorgungsnetzes orientiert. Zur Erreichung dieses Ziels wird ein Verfahren entwickelt, welches auf Basis von thermischen Energiebedarfsprognosen die Betriebszeiten von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen planbar und durch die Nutzung eines thermischen Pufferspeichers steuerbar macht. Dabei wird versucht, die Netzlastfluktuationen im öffentlichen Versorgungsnetz zu reduzieren, indem der Betrieb der Mini-Blockheizkraftwerke (Mini-BHKW) durch eine vorausschauende Bewirtschaftung des Pufferspeichers von Zeiten niedriger in Zeiten hoher Netzlast verschoben wird. Die Gegenüberstellung der entwickelten Betriebsweise mit dem wärmegeführten Anlagenbetrieb wird den Vorteil des Verbundbetriebs anhand wesentlicher Netzkennzahlen darlegen.

Der technischen Beurteilung folgt eine energiewirtschaftliche Bewertung aus Sicht des Anlagenbetreibers. Diese Untersuchung dient dazu Anpassungen der aktuellen Fördersysteme zu entwickeln, um für die Ausrichtung des Anlagenbetriebs an einem übergeordneten Strombedarf Anreize zu schaffen. Darauf aufbauend werden Geschäftsmodelle auf Basis des Energieliefer-Contractings skizziert, welche die Etablierung des Verbundbetriebs in der Wohnungswirtschaft ermöglichen. Die Beurteilung dieses Energieliefer-Contractings erfolgt dabei aus der Sicht des Contractors sowie des Vermieters und der Mieter als Contracting-Nehmer. Die mit den Geschäftsmodellen entstehenden rechtlichen Hemmnisse werden aufgezeigt und Lösungsvorschläge aus der Literatur benannt.

⁵ Siehe Bradke et al. (2006), S. 5, (6)