

Dezentrale Energieversorgung - Ergebnisse der ETG-Studie

Decentralized Energy Supply - Results of the ETG-Study

Dr.-Ing. Martin Kleimaier, vorm. RWE, Essen, martin.kleimaier@t-online.de

Martin Pokojski, Vattenfall Europe Berlin AG & Co. KG, Berlin, martin.pokojski@vattenfall.de

Kurzfassung

In einer interdisziplinären Task Force der Energietechnischen Gesellschaft im VDE, mit Vertretern der Industrie, Verwaltung, Verbänden, Forschung und Energiewirtschaft, wurden Möglichkeiten und Konzepte für eine dezentrale Energieversorgung für das Jahr 2020 untersucht. Neben der Stromversorgung wurden auch alternative Konzepte zur Wärmeversorgung mit in die Betrachtungen einbezogen. Die Ergebnisse bestätigen, dass dezentrale Systeme in Bezug auf Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen gegenüber der heutigen Versorgung deutliche Vorteile bieten. Allerdings sind diese Systeme heute in der Regel noch nicht wirtschaftlich, so dass derzeit noch eine Anschubförderung erforderlich ist. Für das Jahr 2020 ist unter den getroffenen Annahmen jedoch zu erwarten, dass manche dieser dezentralen Systeme konkurrenzfähig werden können.

Abstract

The paper describes the results of a study undertaken by the German “Energietechnische Gesellschaft im VDE” (ETG). Different stakeholders took part in a task-force in order to evaluate possibilities and concepts for a more decentralized energy supply structure at the time horizon of 2020. Beside the power supply also new concepts for the heat supply has been taken into account. Scenario calculations in the framework of the study show that local systems can provide energetic and environmental benefits compared to central supply. They result from combined heat and power supply and the use of renewable energies. Although not yet competitive at the time being, cost advantages can be expected in the future.

1 Einleitung

Die Energiewirtschaft befindet sich weltweit in einer Umbruchphase. Einerseits zwingt die rasante Klimaveränderung zur Reduzierung der Treibhausgase und verbietet damit eine weiterhin exzessive Nutzung fossiler Energieträger, andererseits zeichnet sich durch den dramatisch steigenden Energiebedarf eine Verknappung dieser Ressourcen ab – mit in Folge stetig steigenden Energiepreisen. Dezentrale Energieversorgungskonzepte, basierend auf erneuerbaren Energieträgern einerseits und der effizienten Nutzung fossiler Energieträger durch Kraft-Wärme-Kopplung andererseits, können einen wertvollen Beitrag zur Lösung dieser Probleme leisten. Dabei ist es jedoch wichtig, das Gesamtsystem mit einem sicherlich auch in Zukunft hohem Anteil an zentralen Erzeugungssystemen im Übertragungsnetz – nicht zuletzt auch mit einer steigenden Anzahl von großen On- und Off-Shore-Windparks – nicht aus den Augen zu verlieren. Die Möglichkeiten und Konzepte für eine dezentrale Energieversorgung wurden im Rahmen einer ETG-Studie für den Zeithorizont 2020 untersucht /1/.

2 Definitionen, Rahmenbedingungen und Systemansatz

Die Erschließung lokal verfügbarer, erneuerbarer Energiequellen sowie eine möglichst effiziente Nutzung der fossi-

len Primärenergieträger werden in den nächsten Jahren zu einem wachsenden Stromerzeugungsanteil aus dezentralen Systemen führen. Neben der dargebotsabhängigen und damit fluktuierenden Erzeugung aus regenerativen Quellen gilt hierbei der regelbaren Erzeugung mit energieeffizienten KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ein besonderes Interesse, wobei dort, im Gegensatz zum bedarfsfernen Großkraftwerk, auch die anfallende Wärme lokal genutzt werden kann.

Zu den regenerativen Energieträgern sind auch Biogas bzw. Biomasse zu zählen, wobei Biogas das Potential besitzt, Erdgas zumindest teilweise zu ersetzen. Aufgrund der relativ einfachen Speicherung lassen sich darauf basierende Systeme weitgehend bedarfsgerecht einsetzen.

Die Komplexität der dezentralen Versorgung erfordert einen Systemansatz, der nicht nur dezentrale Stromerzeugungsanlagen (DEA), sondern die Wechselwirkungen mit dem großflächig vernetzten Gesamtsystem und auch mit den Verbrauchern berücksichtigt. Da KWK-Systeme in den Wärmemarkt eingreifen, sind im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes zur ressourcenschonenden, wirtschaftlichen Nutzung der Primärenergien auch unterschiedliche Konzepte zur Wärmeversorgung mit in die Betrachtungen einzubeziehen. Hierzu gehören z.B. Holzpellet-Heizungen, solarthermische Systeme ebenso wie Wärmepumpen.

3 Bedarfsentwicklung

Dezentrale Versorgungssysteme haben - neben der Nutzung erneuerbarer Energien - zum Ziel, mit verbraucher-nah errichteten Systemen die Effizienz und Sicherheit der Energieversorgung zu verbessern. Dies erfordert eine am Bedarf orientierte Auslegung der Systeme. Im Vergleich zur zentralen Versorgung ist damit eine möglichst detaillierte Kenntnis des vor Ort bestehenden Bedarfs von Strom und Wärme Voraussetzung für eine optimale Versorgungskonzeption.

Trotz Effizienzsteigerung und zunehmend umweltbewusstem Verbraucherverhalten werden neue Stromanwendungen zu einem steigenden Strombedarf, bei gleichzeitig höherem Qualitätsanspruch, führen. Diese Entwicklung wurde inzwischen auch durch eine weitere ETG-Studie bestätigt /2/. Beim Wärmebedarf im Heizungsbereich ist demgegenüber als Folge einer verbesserten Wärmedämmung und anderen Energiesparmaßnahmen von einer kontinuierlichen Abnahme auszugehen. Die gilt nicht nur im Neubaubereich sondern in zunehmendem Maße auch für entsprechend sanierte Altbauten. Der Energiebedarf zur Brauchwassererwärmung - insbesondere im häuslichen Bereich - ist hingegen nahezu unverändert und zeigt auch praktisch keine großen jahreszeitlichen Schwankungen.

Diese Zusammenhänge zeigen die Probleme bei ausschließlich dezentralen Versorgungskonzepten. In der Regel wird daher auch weiterhin von einem Anschluss an ein überlagertes Stromversorgungsnetz auszugehen sein.

4 Dezentrale Versorgungsstrukturen

Dezentrale Versorgungsstrukturen lassen sich in einer großen Bandbreite definieren und reichen vom Einfamilienhaus bis zur Versorgung ganzer Stadtgebiete. Die Bedarfsermittlung für Strom und Wärme erfolgt anhand von Lastganglinien.

Während der Lastgang eines einzelnen Kunden bei Strom und Wärme hohe Bedarfsspitzen aufweist, führt eine Überlagerung der Einzellastgänge mehrerer Kunden zu einer Vergleichmäßigung. Insgesamt bietet damit die dezentrale Versorgung eines Kollektivs - insbesondere eine Durchmischung von Wohnbebauung, Bürogebäuden und Gewerbebetrieben - Vorteile. Weitere Optionen zur Vergleichmäßigung bestehen in verbraucherseitigen Maßnahmen. Über Lastabschaltungen oder -verschiebungen sowie gegebenenfalls auch Nutzung von Speichern lassen sich zusätzliche Optimierungspotentiale generieren. Über die thermische Vernetzung zu sog. Nahwärmenetzen besteht außerdem die Möglichkeit, ein für den Gesamtverbrauch an thermischer Energie (Raumheizung und Brauchwasser) optimiertes System aus Wärmeerzeugern und -speichern einzusetzen.

Erzeugersysteme, sowohl für Strom als auch für Wärme, unterscheiden sich in Bezug auf die Verfügbarkeit der Energieträger und damit hinsichtlich der Planbarkeit ihres Einsatzes. Während Systeme auf der Basis von Sonne und Wind dem fluktuierenden Dargebot folgen, kann der Ein-

satz anderer Systeme dem jeweiligen Bedarf angepasst werden. Bei Photovoltaik-Anlagen ist insbesondere zu beachten, dass sich deren Stromerzeugung bzw. deren Nichtverfügbarkeit innerhalb von Siedlungen quasi zeitsynchron summiert.

Bilanzkreis

In einem Bilanzkreis werden eine beliebige Anzahl von Einspeise- und/oder Entnahmestellen zusammengefasst. Der Bilanzkreisverantwortliche (BKV) hat auf der Grundlage möglichst exakter Prognosen dafür zu sorgen, dass innerhalb jeder Viertelstunde die Leistungsbilanz seines Bilanzkreises ausgeglichen ist. Abweichungen aufgrund von Prognoseungenauigkeiten werden dem BKV durch den zuständigen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) in Rechnung gestellt. Die Abrechnung erfolgt auf Basis der Kosten, die dem ÜNB durch den Einsatz von Regelenergie entstehen. Hat der BKV eigene steuerbare DEA unter Vertrag, so kann er diese einsetzen um die Fahrplanabweichungen möglichst gering zu halten. Die Wirtschaftlichkeit von DEA kann somit verbessert werden. Diese Möglichkeiten wurden in einer neuen ETG-Studie /3/ untersucht.

Microgrids

Abgeschlossene dezentral versorgte Gebiete, die im Normalbetrieb mit dem öffentlichen Netz durch definierte Schnittstellen verbunden sind, lassen sich bei entsprechender technischer Ausstattung quasi netzunabhängig betreiben. Solche „autarken“ Teilnetze werden auch Microgrids genannt und sollen bei Störungen im überlagerten Netz eine Weiterversorgung der Kunden innerhalb dieser Teilnetzes ermöglichen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass immer ausreichend Erzeugungsleistung innerhalb eines Microgrids zur Verfügung steht, was nur in seltenen Fällen gegeben sein dürfte.

Virtuelles Kraftwerk

Mit geeigneter Informationstechnik und Einbindung in ein zentrales Energiemanagementsystem lassen sich dezentrale Erzeugungsanlagen zusätzlich bündeln und um Bedien- und Beobachtungsfunktionen so ergänzen, dass sie ein sog. virtuelles Kraftwerk bilden. Damit kann die Voraussetzung geschaffen werden, dass sich DEA auch an den verschiedenen Energiemärkten beteiligen können und somit auf aktuelle Last- und Erzeugungssituationen bedarfsgerecht reagieren können. Im Gegensatz zu einem Microgrid müssen hier die einzelnen Erzeugungsanlagen nicht notwendigerweise in einem lokalen Zusammenhang stehen, sondern können über ein großes Netzgebiet verteilt sein.

5 Auswirkungen auf das Stromnetz

Die heutigen Übertragungs- und Verteilungsnetze sind auf der Grundlage eines gerichteten Lastflusses, von den an das Übertragungsnetz angeschlossenen Kraftwerken hin zu den Verbrauchern, geplant und errichtet worden. Mit steigender verbrauchsnahe Einspeisung elektrischer Energie aus DEA in das Verteilnetz ist zunehmend auch mit einer Rückspeisung in das überlagerte Netz zu rechnen.

Bei einem großflächigen Einsatz von DEA sind insbesondere folgende Aspekte zu betrachten:

Kurzschlussleistung

DEA mit konventionellen Generatoren erhöhen die Kurzschlussleistung und können dazu führen, dass vorhandene Netzkomponenten an ihre Auslegungsgrenzen kommen. DEA, die über Umrichter an das Verteilungsnetz angeschlossen sind - z.B. PV-Anlagen - liefern hingegen keinen nennenswerten Beitrag zur Kurzschlussleistung. Eine zu geringe Kurzschlussleistung hat Auswirkungen auf die Schutzkonzepte und begrenzt die Anschlussmöglichkeiten für leistungsstarke Verbraucher und ggf. andere DEA.

Lastfluss und Spannungshaltung

Schwankungen des Dargebots, z.B. durch den Durchzug von Wolkenfronten, führen bei einer Vielzahl angeschlossener photovoltaischer Systeme zu großen Lastflussänderungen mit erheblichen Schwankungen der Spannung im Verteilungsnetz. Ähnliche Situationen können bei KWK-Anlagen und hohem Gleichzeitigkeitsfaktor auftreten.

Netzverluste

Prinzipiell können DEA die Netzverluste reduzieren, da die Entfernungen zwischen Erzeuger und Verbraucher in der Regel kurz sind. Die Netzverluste sind minimal, wenn Stromerzeugung und -bedarf an jedem Knoten idealerweise exakt gleich sind. Bei einem massiven Zubau von DEA kommt es zu einer Rückspeisung in das Übertragungsnetz und damit zu einem Anstieg der Verluste. In der Praxis variieren die Verluste in Abhängigkeit von der jeweiligen Erzeugungs- und Lastsituation.

Anlagen- und Netzschutz

Die Schutztechnik soll eine schnelle, sichere und selektive Klärung oder Freischaltung fehlerhafter Netzbereiche oder Anlagen gewährleisten. Die heute in den Verteilungsnetzen eingesetzten, einfachen Schutzeinrichtungen sind für einen unidirektionalen Energiefluss und ausreichend hohe Kurzschlussströme ausgelegt. Der vermehrte Einsatz von DEA erfordert neue Schutzkonzepte und -geräte.

Schutzkonzepte ohne Kommunikation sind auf neue Analysemöglichkeiten von Netzinformationen am Einbauort des Schutzes angewiesen, um so eine bessere Sensitivität gegenüber sich ändernden Einspeiseverhältnissen zu gewährleisten. Bei Lösungen mit Kommunikation stehen signalvergleichende Schutzprinzipien im Vordergrund.

Systemdienstleistungen

Die Netzbetreiber sind in ihren Versorgungsbereichen für die Netzregelung verantwortlich. Diese umfassen die Regelung von Frequenz, Spannung, Blind- und Kurzschlussleistung, den Leistungsaustausch mit anderen Versorgungsbezirken, ein Engpassmanagement sowie die Ausführung aller anderen mit der Netzsicherheit verbundenen Aufgabenstellungen. Dieses gesamte Leistungspaket wird auch als Systemdienstleistung bezeichnet. Mit steigender Durchdringung der Netze mit DEA müssen diese zunehmend zu den Systemdienstleistungen beitragen, um einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten.

Einer Beteiligung an den Systemdienstleistungen stehen derzeit insbesondere wirtschaftliche Interessen der DEA-Betreiber entgegen, da der Betrieb der Anlagen aufgrund der heute geltenden Einspeisevergütungen auf maximalen Energieertrag ausgerichtet ist.

Technisch stellt eine Beteiligung an den Systemdienstleistungen höhere Ansprüche an DEA. Dies betrifft insbesondere die Dynamik der Stromerzeugung, die den jeweiligen Anforderungen genügen muss. Die Einbindung in ein geeignetes Managementsystem ist in der Regel unabdingbar.

Netzplanung und -investitionen

Verteilungsnetze mit dezentralen Erzeugern müssen generell für die beiden Worst-Case-Fälle, d.h. maximale Last bei minimaler Erzeugung oder maximale Erzeugung bei minimaler Last, ausgelegt werden. Hierbei sind auch mögliche Ausfallszenarien zu berücksichtigen.

Netzentlastungen sind möglich, wenn DEA zeitlich und örtlich gezielt sowie gesichert zur Bedarfsdeckung beitragen. Falls es möglich ist, die Netzverknüpfungspunkte und die Betriebsweise der DEA geeignet zu wählen, lassen sich bei lokalen Lastzuwächsen ggf. auftretende Netzengpässe und der damit erforderliche Netzausbau vermeiden oder verzögern. Dies setzt allerdings eine entsprechende Verfügbarkeit im Bedarfsfall voraus.

Netzbelastungen durch einen hohen Anteil an ungesteuert einspeisenden DEA können umgekehrt jedoch auch entsprechende Netzausbaumaßnahmen erforderlich machen.

Insbesondere bei einer zunehmenden Automatisierung der Verteilungsnetze („smart grids“) ist durch die damit verbundene Ertüchtigung im Bereich von Sekundär- und Primärtechnik (Mess-, Schutz- und Steuerungstechnik) mit erheblichen Investitionen zu rechnen.

6 Betrieb eines Gesamtsystems

Bei der Stromversorgung ist zu beachten, dass für eine ausreichende Qualität der Versorgung die Erzeugung in jedem Augenblick dem Bedarf entsprechen muss. Neben einer hinreichenden Redundanz in der Erzeugung bedarf es hierfür eines ausgefeilten Regelsystems. War früher der Ausfall eines großen Kraftwerks dimensionierend, so bestimmt heute die Windenergie maßgeblich den Regelbedarf. Das ungleichmäßige Windaufkommen führt zu fluktuierender Stromerzeugung mit erheblichen Leistungsschwankungen. Der Netzbetreiber muss die Abweichungen zwischen Erzeugung und Bedarf ausregeln und hat hierfür geeignete Kraftwerksleistung unter Vertrag. Neben zentralen Kraftwerken - incl. Windparks - und verschiedenen DEA-Technologien sind zukünftig auch steuer- und schaltbare Lasten sowie Speicher bei der Netzführung eines Gesamtsystems zu berücksichtigen. Des Weiteren wird die Netzführung von bestehenden Verträgen zur Energielieferung, Energieabnahme und erforderlichen Reserveleistung beeinflusst.

Selbst unter günstigsten Bedingungen steht einem lokalen Energiebedarf nur in seltenen Fällen ein entsprechendes lokales, also dezentrales Energieangebot gegenüber. In Zukunft ist daher von einem Nebeneinander von zentralen

und dezentralen Versorgungssystemen - unter möglichst breiter Nutzung der verteilten regenerativen Energieresourcen - auszugehen. Ermöglicht wird dies durch ein über alle Spannungsebenen gut ausgebautes Stromnetz, das den sich unter wechselnden Betriebszuständen ergebenden Energiefluss zuverlässig gewährleisten kann.

Das bestehende Verbundnetz trägt dazu bei, die Stromerzeugung technisch/wirtschaftlich zu optimieren und die Anforderungen an eine ökologische und nachhaltige Energieversorgung zu erfüllen. Erst mit Hilfe eines leistungsfähigen Netzes über alle Spannungsebenen lassen sich zudem manche, nur bedarfsfern verfügbare Primärenergieträger erschließen. Der dadurch mögliche Energiemix ist die Basis für stabilere Strompreise.

Trotz verbesserter Prognosesysteme ist es unerlässlich, einerseits die verbleibenden Prognosefehler durch entsprechend schnell aktivierbare Regelleistung auszuregeln und andererseits für die Dauer der Nichtverfügbarkeit erneuerbarer Energieträger das Leistungsdefizit durch sogenannte „Schattenkraftwerke“ auszugleichen. Hierfür kommen im Betrachtungszeitraum aufgrund des rasanten Windkraftausbaus nur konventionelle thermische Kraftwerke und Speicherkraftwerke in Frage. Langfristig werden sich jedoch auch DEA den neuen Herausforderungen stellen und sich aktiv an den Regelaufgaben beteiligen müssen.

Von den Großkraftwerken werden daher heute immer mehr Regelleistung und immer häufigere An- und Abfahrzyklen gefordert. Dies hat neben erhöhten dynamischen Belastungen auch Einfluss auf den Brennstoffbedarf sowie auf den Wirkungsgrad. Damit werden auch die spezifischen Emissionen dieser Kraftwerke steigen.

Neben einer Regelung über Erzeugungssysteme ist prinzipiell - zumindest partiell - eine Anpassung des Verbrauchs an die verfügbaren Erzeugungskapazitäten per Lastmanagement möglich.

Zum Lastmanagement zählt letztendlich auch das bedarfsgerechte Laden und Entladen von Energiespeichern. In diesem Zusammenhang sind auch die Möglichkeiten zu sehen, die zukünftig eine große Anzahl von Elektrofahrzeugen (Plug-in-Hybrid) für das Netz bieten können (Anpassung der Last an die jeweilige Erzeugungssituation oder sogar Netzstützung durch Rückspeisung). Betrachtet man zukünftige Wasserstoff-Szenarien, so ließen sich auch geeignete Elektrolyseure mit in dieses Regelregime einbeziehen.

Der Betrieb eines Gesamtsystems muss also einerseits den verschiedenen Gegebenheiten und Anforderungen der unterschiedlichen Teilsysteme und andererseits den Anforderungen der Kunden gerecht werden. Er muss deshalb so erfolgen, dass sich die Anforderungen aus Zuverlässigkeit, Effizienz, Ökologie, Nachhaltigkeit, Sozialverträglichkeit, Volkswirtschaft und einer Reduzierung der Importabhängigkeit in einem europäischen Energieverbund soweit wie möglich erfüllen lassen.

7 Unterstützung durch IT- und TK-Technologien

Der flächendeckende Einsatz von DEA im Verteilnetz setzt eine informationstechnische Einbindung voraus. Sie stellt eine wesentliche Herausforderung dar. Bisher existieren nur wenige Kommunikationseinrichtungen zur Steuerung und Überwachung der Verteilungsnetze. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass Innovationen bei Informations- und Telekommunikationstechnologien in wesentlich kürzeren Zeitabständen stattfinden als im energietechnischen Bereich. Diese Aspekte sind insbesondere zukünftig vor dem Hintergrund eines wirtschaftlichen Betriebes von DEA zu beachten.

Folgende Größen sind von wesentlichem Einfluss auf die Anforderungen an die zu verwendenden Optimierungs- und Kommunikationssysteme von DEA:

- Weiträumige Verteilung im Netz
- Unterschiedliche Erzeugungscharakteristika
- Unterschiedliche Aufgabenstellung der Anlagen

Optimierungssysteme

Eine optimierte, d.h. energieeffiziente und kostenminimale, Betriebsführung der DEA erfordert ein Energiemanagement. Dafür bestehen verschiedene Realisierungsmöglichkeiten mit jeweils unterschiedlichem Automatisierungsgrad: von der einfachen Erzeugungsmessung bzw. Überwachung der Anlagen bis zu höchst komplexen Managementsystemen.

Kommunikationssysteme

Um die Aufgaben des Energiemanagements zu erfüllen, ist ein durchgängiger Kommunikationsfluss zwischen den berücksichtigten Betriebsmitteln und dem Managementsystem erforderlich. Gegenwärtig erfolgt die Kommunikation in Verteilnetzen jedoch nur in beschränktem Ausmaß. Mit zunehmender Verbreitung der dezentralen Anlagen und zunehmender Einbindung in die Netzbetriebsführung nimmt dagegen der zu kommunizierende Datenumfang deutlich zu. Es muss daher eine sorgfältige Auswahl getroffen werden, welche Informationen wo und in welchem Umfang verfügbar sein müssen.

Für die Datenübertragung über größere Entfernungen sind verschiedene Technologien verfügbar - abhängig von der geforderten Performance, dem Datenvolumen sowie der bereits vorhandenen Kommunikationsinfrastruktur. Die Kosten für den Betrieb und die Installation der Kommunikationseinrichtungen dürfen dabei jedoch nicht die Optimierungspotenziale durch das Managementsystem übersteigen.

8 Szenarien

Voraussetzung für eine positive Entwicklung ist die energetische, ökologische und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit dezentraler Systeme gegenüber einer zentralen Versorgung. Im Rahmen der Studie wurden diese Aspekte an Hand fiktiver gemischtwirtschaftlicher Siedlungsgebiete bewertet.

Beschreibung der Gebiete

Für die Szenarien werden zwei unterschiedliche Siedlungsstrukturen mit einer Fläche von jeweils 1 km² betrachtet:

- Innenstadtbereich mit hoch verdichteter Bebauung und bis zu vier Stockwerke
- Vorstadtbereich, dünn besiedelt, Bebauung bis zu zwei Stockwerke

Für die beiden betrachteten Gebiete wird eine gemischte Nutzung angenommen, mit Wohnungen, Gewerbebetrieben, Büros und Handel.

Fünf unterschiedliche Versorgungskonzepte werden verglichen. Zusätzlich werden diese Varianten zum einen mit Nahwärmenetz und wenigen großen Erzeugungseinheiten, zum anderen ohne Nahwärmenetz und einer entsprechend großen Anzahl von kleineren Erzeugungseinheiten betrachtet.

Da sich dezentrale Versorgungskonzepte im Sinne der Nachhaltigkeit möglichst kurzfristig auch ohne Subventionen oder anderen Sonderbehandlungen dem Markt stellen müssen, werden diese bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen generell nicht berücksichtigt.

Für die hier dargestellten Ergebnisse wird für das Jahr 2020 von folgenden Annahmen ausgegangen:

Tabelle 1, Veränderungen relativ zu 2006

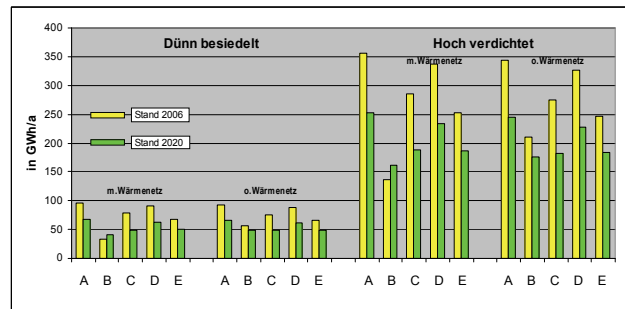
	Entwicklung 2020
Wärmebedarf (Heizung)	-50 %
Strombedarf	+10 %
Investitionsbedarf	-10 %
Gaspreis	+50 %
Strompreis	+30 %
Kraftwerkswirkungsgrad	+10 %

Ergebnisse

Primärenergieverbrauch

Die Ergebnisse (**Bild 1**) bestätigen, dass dezentrale Systeme unabhängig von der Besiedlungsstruktur gegenüber der zentralen Versorgung energetische Vorteile erwarten lassen. Diese Vorteile resultieren aus der gekoppelten Strom- und Wärmeversorgung sowie der Nutzung von Umweltenergien, entweder über die solarthermische Wärmeversorgung oder den Einsatz von Wärmepumpen.

Der energetische Vorteil wird bei dem wärmegeführten BHKW besonders deutlich. Der dezentral in KWK erzeugte Strom verdrängt entsprechende Mengen elektrischer Energie aus Großkraftwerken mit schlechterer Energieausnutzung. Mit abnehmendem Wärmebedarf im Jahr 2020 und entsprechend geringerer Stromerzeugung verringert sich allerdings dieser Effekt. Die Ergebnisse zeigen auch, dass aus energetischer Sicht Nahwärmenetze nur in Kombination mit wärmegeführten BHKW sinnvoll sind.

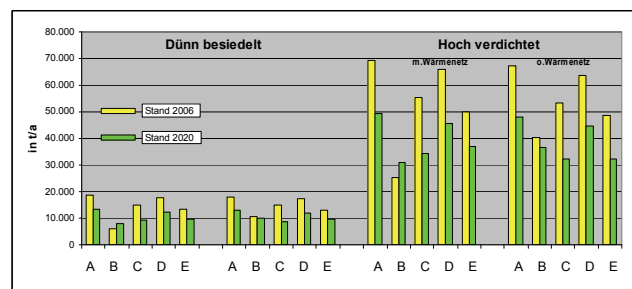


- A: Konv. Versorgung mit Strombezug aus dem Netz und Erdgaskessel
 B: Wärmegeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
 C: Stromgeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
 D: Warmwasser über Solarthermie, Erdgasheizkessel und Strombezug
 E: Vollwärmeversorgung über Wärmepumpen, Strombezug aus dem Netz

Bild 1 Vergleich des Primärenergieverbrauchs

CO₂-Emissionen

Basis für die Bewertung der Emission ist der durchschnittliche CO₂-Ausstoß der Kraftwerke. Neben dem hohen Energienutzungsgrad bei KWK wirkt sich bei der dezentralen Erzeugung vorteilhaft aus, dass Erdgas zum Einsatz kommt, während die zentrale Stromerzeugung zum großen Teil auf der Nutzung von Braun- und Steinkohle beruht und damit zu entsprechend höheren spezifischen CO₂-Emissionen führt. Entsprechend dem Primärenergieverbrauch profitieren derzeit insbesondere wärmegeführte KWK-Systeme von der emissionsseitigen Entlastung (s. **Bild 2**). Allerdings verschieben sich die Ergebnisse für 2020 aufgrund des angenommenen geringeren Wärmebedarfs teilweise zugunsten der stromgeführten KWK-Systeme. Wärmenetze bieten nur in Kombination mit wärmegeführten KWK-Systemen gewisse Vorteile bei den Emissionen. Mit stromgeführten KWK-Systemen ohne Wärmenetz lassen sich mit Blick auf 2020 allerdings fast ebenso geringe Emissionen erreichen.

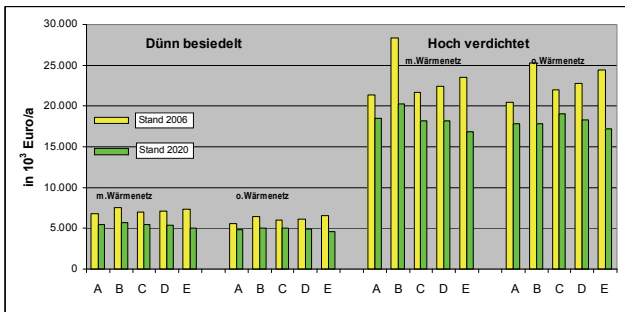


- A: Konv. Versorgung mit Strombezug aus dem Netz und Erdgaskessel
 B: Wärmegeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
 C: Stromgeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
 D: Warmwasser über Solarthermie, Erdgasheizkessel und Strombezug
 E: Vollwärmeversorgung über Wärmepumpen, Strombezug aus dem Netz

Bild 2 Vergleich der CO₂-Emissionen

Gesamtkosten

In den Gesamtkosten (Bild 3) sind neben den Investitionen auch Energie- und Strompreise sowie weitere Betriebskosten enthalten. Hierbei bestätigt sich, dass die stromgeführte Betriebsart bei KWK-Systemen - gegenüber einer wärmegeführten - wirtschaftliche Vorteile bietet. Mit sinkendem Wärmebedarf, wie für 2020 unterstellt, ist von einer kostenmäßigen Annäherung der KWK-Systeme auszugehen.



- A: Konv. Versorgung mit Strombezug aus dem Netz und Erdgaskessel
B: Wärmegeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
C: Stromgeführte BHKW in Verbindung mit Erdgasspitzenkesseln
D: Warmwasser über Solarthermie, Erdgasheizkessel und Strombezug
E: Vollwärmeversorgung über Wärmepumpen, Strombezug aus dem Netz

Bild 3 Vergleich der Gesamtkosten

Obwohl die Wärmepumpe den anderen Varianten in Bezug auf die Investitionen unterlegen ist, zeigt sich bei den Gesamtkosten der Vorteil der Erdwärmenutzung: Bereits heute liegt die Wärmepumpe bei der Versorgung dünn besiedelter Gebiete mit den anderen Varianten etwa auf gleichem Niveau. In 2020 ist unter den getroffenen Annahmen von einem konkurrenzfähigen Betrieb auszugehen.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Nahwärmenetze nur in Gebieten mit dichter Bebauung Vorteile bieten. Dies gilt aber auch dort nicht in jedem Fall: Bei einer konventionellen Versorgung und bei wärmegeführten KWK-Systemen führen Nahwärmenetze zu höheren Kosten. Einzelfallbetrachtungen können jedoch zu anderen Ergebnissen führen. Die Kosten für CO₂-Zerifikate wurden bei den Gesamtkosten vernachlässigt. Bei einer Berücksichtigung ist davon auszugehen, dass insbesondere die konventionelle Versorgung mit entsprechenden Mehrkosten belastet wird.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen einer Studie wurden die Optionen einer verstärkten dezentralen Energieversorgung untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die hocheffiziente, kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme in KWK-Anlagen ein hohes Potential zur Einsparung von Primärenergie und CO₂-Emissionen bieten. Die technologischen Entwicklungen und die sich verändernden Energiemärkte sprechen hierbei für eine zunehmende Wettbewerbsfähigkeit dezentraler Versorgungssysteme. Dabei sind sowohl der Strom- als auch der Wärmebedarf sowie die hierfür in Frage kommenden Erzeugungsmöglichkeiten zu betrachten. Die unterschiedlichen

Anforderungen an eine zukünftige Erzeugungsstruktur führen häufig zu widersprüchlichen Lösungsansätzen, da kostengünstige Energieversorgung, Zuverlässigkeit, Umweltfreundlichkeit und Reduzierung der Importabhängigkeit in der Regel nicht gleichzeitig zu erreichen sind. Die erneuerbaren Energien stehen daher im Wettbewerb mit erdgasbasierten, aber effizienten KWK-Anlagen. Mit weiterem Ausbau der Energieerzeugung auf Basis fluktuierender erneuerbarer Energieträger ist damit zu rechnen, dass auch dezentrale KWK-Anlagen ähnlichen Restriktionen unterliegen, wie heute bereits die thermischen Großkraftwerke. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass Lastmanagement einen Beitrag zur Anpassung des Bedarfs an die jeweilige Erzeugungssituation liefern wird. Um auch in Zukunft eine zuverlässige, kostengünstige und ökologisch verträgliche Energieversorgung zu gewährleisten, müssen dezentrale Systeme also auch einen Beitrag zur Optimierung des Gesamtsystems leisten. Eine Ausschöpfung der zukünftig verfügbaren Technologien wird dazu beitragen, dass sich dezentrale und zentrale Technologien sowohl im Erzeugungsbereich als auch im Netzbereich sinnvoll ergänzen. Dabei wird auch der Energiespeicherung eine immer wichtiger werdende Rolle zukommen. Derzeit ist zu diesem Thema bei der ETG eine weitere Studie in Arbeit, die noch in 2008 veröffentlicht werden soll /4/.

Wasserstoff - ein wichtiger Bestandteil zukünftiger Energieversorgungskonzepte - wird für den hier betrachteten Zeitraum bis 2020 noch keine große Rolle spielen. Indirekt wird er aber in Brennstoffzellen - vor Ort erzeugt aus Erd- oder Biogas - zum Einsatz kommen.

In nachhaltige Energieversorgungskonzepte ist längerfristig auch der Verkehrssektor mit einzubinden. Dabei können z.B. batteriegestützte Elektrofahrzeuge, die an der Steckdose aufgeladen werden und nur für größere Strecken auf einen alternativen Treibstoff zurückgreifen (sog. Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge) in zukünftige Lastmanagementsysteme eingebunden werden.

10 Literatur

- /1/ Dezentrale Energieversorgung 2020
VDE-Studie, 2007
- /2/ Effizienz- und Einsparpotentiale elektrischer Energie in Deutschland -
Perspektive bis 2025 und Handlungsbedarf
VDE-Studie, Januar 2008
- /3/ Smart Distribution 2020
VDE-Studie, Juli 2008
- /4/ Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger -
Bedeutung, Stand der Technik, Handlungsbedarf
VDE-Studie, 2008

www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/ETG