

---

## Kurzstudie

# Beitrag von zentralen und dezentralen KWK-Anlagen zur Netzstützung

---

Untersuchung im Auftrag des

**Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK)**

Markgrafenstraße 56  
10117 Berlin

erstellt von

**bofest** consult

**bofest consult GmbH**

Dipl. Ing. Volker Broekmans  
Dr. Luis-Martín Krämer

Mai 2014

# Beitrag von zentralen und dezentralen KWK-Anlagen zur Netzstützung

---

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
1.1. Hintergrund .....	2
1.2. Zielsetzung und Vorgehen.....	2
1.3. Ergebnisvorschau .....	3
2. Status Quo – Die Rahmenbedingungen für Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland .....	3
3. Die Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland.....	4
3.1. Charakteristiken der KWK .....	4
3.2. KWK-Anlagenverteilung in Deutschland .....	7
3.3. Aufteilung der Anlagenklassen auf das Nieder- und Mittelspannungsnetz.....	7
3.4. Beitrag zur Frequenzhaltung in der jeweiligen Netzebene .....	10
3.5. Beitrag zur Spannungshaltung in der jeweiligen Netzebene .....	14
3.6. Praktische Erfahrungen .....	18
4. Wirkungsweise der Anreize zur programmgesteuerten Fahrweise auf die Spannungs- und Frequenzhaltung .....	21
4.1. Bestehende Anreize .....	21
4.2. In der (EEG) Novelle angedachte Anreize .....	22
5. Bewertung des kurzzeitigen Kondensationsbetriebs.....	23
6. Auswirkungen der Neufassung des EEG und des KWKG.....	25
7. Die Vorteile der KWK: Stabilisierung der Netze sowie Integration erneuerbarer Energien .....	28
8. Zusammenfassung und Fazit .....	33
9. Literaturverzeichnis.....	36

## **1. Einleitung**

Durch den zunehmenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien im deutschen Stromnetz wird der sichere Betrieb des gesamten Stromversorgungssystems zunehmend komplexer. Vor allem Netzbetreiber stehen vor großen Herausforderungen, wenn es darum geht, die Stromnetze stabil zu halten und die Sicherheit der Versorgung zu jeder Zeit zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang gilt es zu prüfen, welche Instrumente und Technologien einen substantiellen Beitrag zur Integration der fluktuierenden erneuerbaren Energien leisten können, um die Stabilität des Gesamtsystems in der Zukunft zu erhalten und die Energiewende im Sinne einer verlässlichen, bezahlbaren und ökologisch verantwortbaren Energieversorgung erfolgreich zu meistern.

### **1.1. Hintergrund**

Der Erfolg der Energiewende in Deutschland hat einerseits zu einem unerwartet schnellen Ausbau dezentraler erneuerbarer Energien, andererseits jedoch auch zu einer Diskussion um die Stabilität des Versorgungssystems sowie um die Kosten und die Kostenverteilung geführt. Die Anpassung der regulatorischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen ist daher sowohl aus Aspekten der Versorgungssicherheit dringend geboten als auch von hoher Bedeutung, um die Unterstützung für die Energiewende als gesamtgesellschaftliche Aufgabe zu erhalten.

Im Rahmen der aktuellen Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) sind eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen worden, die einige der dringendsten Aspekte adressieren, jedoch vor allem den Fokus auf die Neuverteilung der Kosten legen. Dabei werden voraussichtlich besonders solche Erzeugungstechnologien belastet, die zur Eigenstromerzeugung genutzt werden. Begründet wird dies zum einen mit einer solidarischen Verteilung der Kosten, zum anderen aber auch mit dem impliziten Vorwurf, diese meist dezentralen Anlagen würden zwar die Dienstleistungen des Verbundnetzes in Anspruch nehmen, jedoch ihrerseits keinen wesentlichen Beitrag zur Stabilität der Energieversorgung leisten. Die vorgesehenen Änderungen des EEG könnten sich daher auch negativ auf die zentrale und dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Deutschland auswirken.

### **1.2. Zielsetzung und Vorgehen**

Diese Kurzstudie hat das Ziel, den Beitrag zentraler und dezentraler KWK-Anlagen zur Netzstützung zu untersuchen. Zudem soll das weitere Potenzial flexibler KWK zur Integration erneuerbarer Energien aufgezeigt werden, das jedoch in erheblichem Maße von den richtigen regulatorischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen abhängt. Die Kurzstudie wird ebenfalls auf dezentrale KWK-Versorgungskonzepte eingehen und prüfen, inwieweit diese jetzt und in Zukunft einen Beitrag zur Netzstützung im Sinne der Frequenz- und Spannungserhaltung leisten können.

Zu Beginn wird kurz auf die aktuellen Rahmenbedingungen für die KWK in Deutschland eingegangen. Im Anschluss werden die wichtigsten Charakteristiken der üblichen KWK-Anlagentypen skizziert sowie die bestehende Anlagenpopulation und -verteilung in Deutschland untersucht.

Im darauffolgenden Schritt wird der konkrete Beitrag zentraler wie dezentraler KWK-Anlagen zur Frequenz- und Spannungserhaltung aufgezeigt. Hierbei soll ebenfalls auf die Wirkung der KWK in den verschiedenen Netzebenen eingegangen werden. Flankiert wird diese Untersuchung durch die Einbindung praktischer Erfahrungen einzelner Netz- und KWK-Anlagenbetreiber. Es folgt eine kurze Bewertung der Anreize zur programmgesteuerten Fahrweise der KWK auf die Spannungs- und Frequenzerhaltung sowie eine Beurteilung des kurzfristigen Kondensationsbetriebes.

Im letzten Schritt werden die Auswirkungen der geplanten EEG-Novelle auf die zentrale und dezentrale KWK analysiert und die potenziellen Beiträge flexibler KWK-Systeme für die Netzstabilität und das Gelingen der Energiewende konkretisiert. Zentral in diesem Zusammenhang sind die von der KWK erbrachten Systemdienstleistungen, die Teilnahme dieser Anlagen am Regelenergiemarkt, die Effekte der KWK auf den dringenden Netzausbau sowie die Vorhaltung gesicherter Reservekapazitäten im Energiesystem. Abschließend werden Handlungsempfehlungen formuliert, die dabei unterstützen sollen, das volle Potenzial der KWK in Deutschland zu erschließen.

### **1.3. Ergebnisvorschau**

Die Untersuchung zeigt deutlich auf, dass es für das Gelingen der Energiewende (Netzstabilität, Integration der Erneuerbaren, Deckung der Residuallast, Versorgungssicherheit) politisch sinnvoll und fachlich notwendig ist, einen weiteren Ausbau der KWK anzustreben und zu fördern. Aktuelle Änderungen an den regulatorischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen könnten aber dazu führen, dass kein weiterer KWK-Zubau erfolgt und sogar bestehende KWK-Anlagen unter Umständen unwirtschaftlich werden. Die avisierte Belastung der Eigenstromerzeugung von bis zu 50% der EEG-Umlage verhindert den politisch gewollten und ökologisch notwendigen Zubau der KWK und könnte zur Unterschreitung der unternehmerisch notwendigen Minimalrentabilität für Neuanlagen führen. Der Bestandsschutz für Altanlagen sowie eine realistische Bagatellgrenze für KWK-Anlagen müssen gewahrt werden.

## **2. Status Quo – Die Rahmenbedingungen für Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland**

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2020 einen KWK-Anteil von 25% an der Stromerzeugung zu erreichen. Hierzu wird die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme über mehrere Instrumente gefördert.

Die wichtigsten Förderinstrumente sind im KWK-Gesetz (KWKG) geregelt, das die Zulagen für die KWK-Erzeugung je nach Anlagentyp (Größe, Zeitpunkt der Inbetriebnahme, etc.) definiert. Darüber hinaus ist im KWKG ebenfalls die vorrangige Abnahme von KWK-Strom festgehalten. Zusätzlich zur Förderung des erzeugten und eingespeisten KWK-Stroms werden über das KWKG ebenfalls der Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältenetze sowie von Wärme- und Kältespeicher gefördert. Die jährliche Gesamthöhe der über das KWKG laufenden Förderungen für die KWK dürfen 750 Mio. Euro nicht übersteigen. Obwohl die Höhe dieser Förderung gegenüber der Förderung erneuerbarer Energie bescheiden anmutet, wird selbst dieser Förderbetrag bei weitem nicht ausgereizt. So betrug die über das KWKG laufende Förderung nach Angaben der Übertragungsnetzbetreiber in 2012 nur rund 264 Mio. Euro (Schätzung für 2013 rund 364 Mio. Euro).<sup>1</sup>

Neben der Förderung über das KWKG spielt das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) ebenfalls eine wichtige Rolle für die KWK. Auf der einen Seite wird die Stromerzeugung aus KWK direkt über das EEG gefördert, sofern biogene Energieträger für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden, allerdings ist eine simultane Förderung über KWKG und EEG nicht erlaubt. Auf der anderen Seite ist der selbstgenutzte KWK-Strom – im Gegensatz zum in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeiste – von der EEG-Umlage befreit.

---

<sup>1</sup> vgl. Mittelfristprognose KWK der Übertragungsnetzbetreiber vom 07.11.2013.

Des Weiteren wird in Deutschland die KWK durch mehrere Einzelinstrumente direkt und indirekt gefördert. Einige dieser wichtigen Einzelinstrumente sind zum Beispiel:

- Erstattung von Energiesteuern für Anlagen bis 2 MW<sub>el</sub>; Befreiung aller KWK-Anlagen von der Erdgassteuer
- Spezielle Förderung kleiner KWK-Anlagen (Impulsprogramm für „Mini-KWK-Anlagen“)
- Kostenfreie Zuteilung von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten für große KWK-Anlagen, die dem ETS unterliegen (läuft 2023 aus)
- Einsatz von KWK-Wärme zur Erfüllung der Anforderungen aus dem EEWärmeG und der EnEV

### 3. Die Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland

#### 3.1. Charakteristiken der KWK

##### *Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung*

Die Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Umwandlung von Energie in mechanische oder elektrische Energie und nutzbare Wärme in einer Verbrennungsanlage. Die Bandbreite der thermischen Leistung von KWK-Anlagen erstreckt sich von einigen wenigen Kilowatt, ausreichend zur Wärmeversorgung einzelner Gebäude, bis hin zu mehreren hundert Megawatt, genügend um ganze Städte bzw. Industriegebiete mit (Prozess-) Wärme über ein Fern- oder Nahwärmenetz zu versorgen. Weiterhin gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher KWK-Anlagentypen, Anlagenkonfigurationsmöglichkeiten und Brennstoffe, die in diesen Anlagen zum Einsatz kommen.

##### *KWK-Anlagentypen*

Im Folgenden werden die wichtigsten Anlagentypen für den Einsatz in klassischen KWK-Anlagen kurz vorgestellt<sup>2</sup>:

- Gasturbinen-Heizkraftwerke: Eine Gasturbine treibt den Generator zur Stromerzeugung an. Mit der Abgaswärme des Gasturbinenprozesses (ca. 400-600 C) wird in einem Abhitzeessel Niederdruckdampf oder Heißwasser erzeugt.
- Blockheizkraftwerke (BHKW): BHKWs sind KWK-Anlagen, die mittels Verbrennungsmotoren (Otto- oder Dieselmotoren) Generatoren zur Stromerzeugung antreiben. Die dabei entstehende Abwärme wird als Niedertemperaturwärme weiterverwendet.
- Stirlingmotoren: Bei Stirlingmotoren liegt im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren eine äußere Verbrennung vor. Daher benötigt der Stirlingmotor im Gegensatz zum Otto- oder Dieselmotor auch keinen spezifischen Treibstoff. Der Motor kann je nach Brennerkonstruktion beispielsweise Erdgas oder Flüssiggas, Heizöl, Pflanzenöl oder auch Festbrennstoffe wie z.B. Holzpellets nutzen.

---

<sup>2</sup> vgl. ASUE: BHKW-Kenndaten 2011, Frankfurt am Main 2011; Blesl, M. / Kempe, S. et al.: Wärmetlas Baden-Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen. Endbericht. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart 2009; Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V. (Hrsg.): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, Band 3, Frankfurt am Main 2004; Umweltbundesamt (Hrsg.): Fishedick, M. / Gailfuß, M. et al.: Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierte Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung, Berlin 2002.

- Brennstoffzellen: In Brennstoffzellen findet die Energieumwandlung auf elektrochemischem Wege statt. Das Spektrum der Brennstoffzellentechnologien erlaubt unterschiedlich hohe Temperaturen; abhängig davon lässt sich die Abwärme für Heizzwecke oder auch zur Prozessdampferzeugung nutzen.

Der Vollständigkeit halber sind die Großanlagentypen nachstehend aufgelistet:

- KWK mit Dampfprozess und Gegendruckturbine
- KWK mit Dampfprozess und Entnahme-Kondensationsanlagen
- KWK mit Kombiniertes Gas- und Dampfturbinenanlage (GuD-Anlage)
- Organic-Rankine-Cycle (ORC)

Die folgende Tabelle gibt abschließend einen Überblick über die relevanten – auch dezentral installierten – KWK-Anlagentypen mit typischen indikativen Kenndaten.

	<b>Leistungsbereich in MW<sub>el</sub></b>	<b>Wirkungsgrad<sub>el</sub> in %</b>	<b>Gesamtnutzungsgrad KWK in %</b>
<b>Gasturbinen</b>	0,1-150	29-40	80-85
<b>Mikrogasturbinen</b>	0,03-0,2	25-33	80-85
<b>KWK-GuD (Gegendruck)</b>	20-500	35-40	80-90
<b>KWK-GuD (Entnahme*)</b>		35-55	80-92
<b>KWK-Dampfkraftwerk (Gegendruck)</b>	5-200	25-35	80-90
<b>KWK-Dampfkraftwerk (Entnahme*)</b>	50-800	33-45	70-92
<b>Stirling</b>	0,001-0,04	15-30	80-85
<b>Brennstoffzellen (PEM/PAFC)</b>	0,002-1	35-45	85-95
<b>Hochtemperatur- Brennstoffzellen (MFC/SOFC)</b>	0,001-500	50-65	85-95
<b>ORC</b>	0,01-2	10-20	70-80
<b>BHKW</b>	0,005-10	25-45	82-95

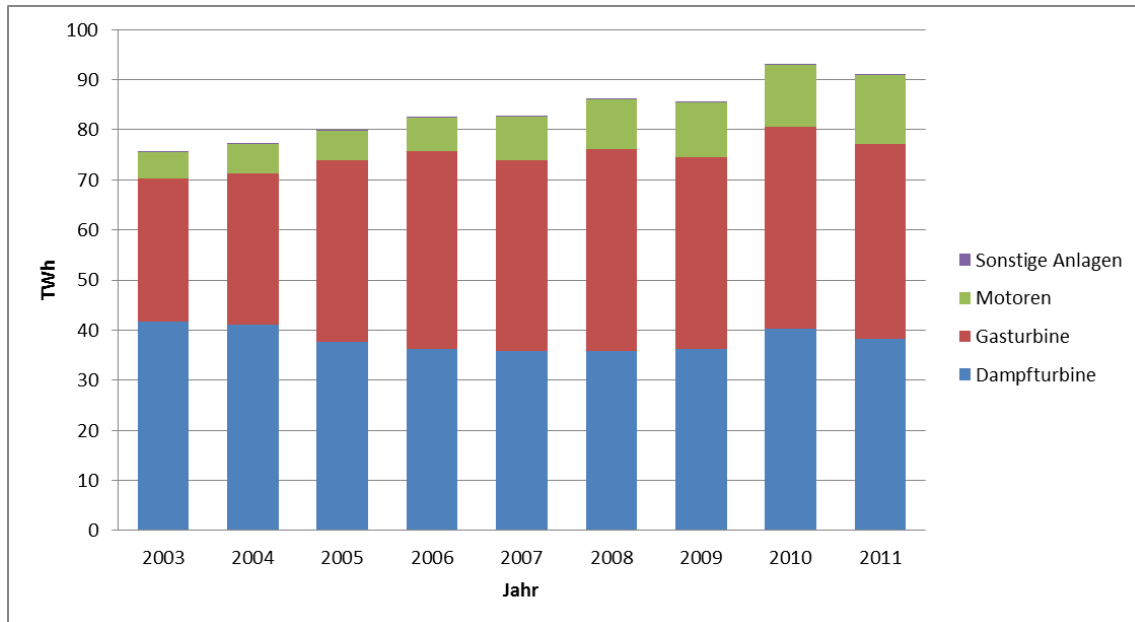
\*Daten beziehen sich auf die max. Wärmeauskopplung

Tabelle 1: KWK-Anlagentypen inkl. indikative Daten; Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus: Erdmann, Georg / Dittmar, Lars: Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland, Berlin 2010, S. 17, ergänzt durch eigene Daten.

KWK-Anlagen können mit verschiedensten Brennstoffen betrieben werden. Unabhängig vom Brennstoff, sind alle KWK-Anlagen in der Lage, hocheffizient Strom und Wärme zu erzeugen. Hinsichtlich der Ziele bei der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen erscheint es jedoch sinnvoll, möglichst kohlenstoffarme Energieträger – vor allem Erdgas – zu nutzen. Der Einsatz von Erdgas in KWK-Anlagen hat zudem den Vorteil, dass durch die Nutzung von Biomethan sogar CO<sub>2</sub>-neutral Wärme und Strom erzeugt werden kann. Darüber hinaus können erdgasbetriebene Anlagen für einen späteren Einsatz im Rahmen der „Power-to-Gas“-Infrastruktur zur Rückübertragung der Gaskapazitäten in elektrische Energie (back-up-Kapazitäten) genutzt werden.

### KWK-Anlagen in der Praxis

Die Entwicklung der Anlagenverteilung ist in Bezug auf die erzeugte Strommenge pro Technologie weitestgehend konstant. Erhebliche Veränderungen hat es in den vergangenen Jahren jedoch bezüglich der Anlagengröße gegeben. So ist die Anzahl tendenziell kleinerer dezentraler Anlagen deutlich gestiegen.



Grafik 1: KWK-Stromerzeugung nach Typ der Anlage, Quelle: Eigene Darstellung; Daten Statistisches Bundesamt, Bundesnetzagentur.

Gerade bei mittelgroßen und kleinen KWK-Anlagen kommen oft BHKWs zum Einsatz. Diese gibt es sowohl als Synchron- als auch als Asynchronmaschinen.

Asynchrongeneratoren werden überwiegend bei kleineren Anlagentypen verwendet, da sie von einfacherer Bauart, wartungsärmer und daher kostengünstiger als Synchrongeneratoren sind. Verfahrensbedingt benötigen sie jedoch beim Start eine Fremderregung, die im Normalfall durch das anzubindende Netz erfolgt. Bei der Anbindung an das Netz synchronisiert sich der Asynchronmotor automatisch an die Frequenz des Netzes und erfordert keine besonderen Synchronisierungseinrichtungen. Er bezieht allerdings Blindleistung aus dem Netz. Synchrongeneratoren sind technisch aufwändiger und erfordern beispielsweise eine Synchronisierungseinrichtung zur Anpassung an die jeweilige Frequenz des anzubindenden Netzes. Zudem sind sie in der Lage, Blindleistung sowohl zu beziehen als auch abzugeben und können daher durch Blindleistungskompensation zur Reduzierung oder Vermeidung von Blindleistungskosten beitragen. Weiterhin benötigen Synchrongeneratoren beim Start keine Fremderregung durch ein Netz oder eine Startvorrichtung. Im Inselbetrieb arbeitet der Synchrongenerator mit konstanter Frequenz und eignet sich besser als Aggregat für die Notstromversorgung.<sup>3</sup>

Der erzeugte Strom wird beim KWK-Betrieb

- vollständig ins Netz eingespeist oder

<sup>3</sup> vgl. ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: BHKW-Grundlagen, Berlin 2010, S. 15.

- vollständig für die Deckung des Eigenstrombedarfs genutzt und gegebenenfalls zusätzlicher Strombedarf durch Bezug aus dem Netz gedeckt oder
- teilweise ins Netz eingespeist und teilweise für die Eigenstrombedarfsdeckung genutzt.

Der in BHKW-Anlagen mit kleinen elektrischen Leistungen erzeugte Strom kann beim Netzparallelbetrieb im Allgemeinen direkt in das Niederspannungsnetz des Verteilnetzbetreibers (VNB) eingespeist werden. Erst bei Generatorleistungen ab ca. 1-2 MW wird – in Abhängigkeit der Netzstruktur – in der Regel eine Stromeinspeisung in das Mittelspannungsnetz des VNB in Betracht kommen. Bei sehr großen KWK-Anlagen mit mehreren MW Leistung, wie er in zentralen KWK-Anlagen erzeugt wird, ist es üblich, den Strom direkt in das Hoch- und Höchstspannungsnetz einzuspeisen.

### 3.2. KWK-Anlagenverteilung in Deutschland

Über alle Anlagenkategorien hinweg rechnet man in Deutschland aktuell mit einem KWK-Anlagenbestand von über 51.000 Anlagen. Die installierte Leistung der KWK-Anlagen ist seit 1992 um 80% auf mindestens 12,8 GW<sub>el</sub> gestiegen. Der Anstieg der KWK-Anlagenpopulation ist maßgeblich auf den Anstieg bei den kleineren Anlagentypen zurückzuführen. So ist der Anlagenbestand seit 1992 von unter 1.000 Anlagen auf den Stand von rund 50.000 in 2013 gestiegen. Gleichzeitig aber ist die durchschnittliche Leistung der KWK-Anlagen von 8,75 MW<sub>el</sub> auf unter 0,3 MW<sub>el</sub> gesunken.<sup>4</sup>

Zurzeit rechnet der Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung (B.KWK) mit rund 50.000 KWK-Anlagen im Mini-KWK-Bereich. Diese teilen sich auf in ca. 5.000 Anlagen der 1 kW-Klasse, 37.500 Anlagen der 5 kW-Klasse, rund 5.000 Anlagen der 20 kW-Klasse sowie ca. 2.750 Anlagen mit einer Leistung von 20 bis 50 kW.

Aufgrund des überproportional starken Anstiegs bei den klein- und mittelgroßen KWK-Anlagen kann davon ausgegangen werden, dass diese vor allem an den Netzen der Mittel- und Niederspannung angeschlossen worden sind. Die Aufteilung der KWK-Anlagenpopulation nach Netzebene wird wie folgt geschätzt.

	Niederspannungsnetz	Mittelspannungsnetz	Hoch- und Höchstspannungsnetz	Gesamt
<b>Anzahl der KWK-Anlagen</b>	50.000	1.500	300	51.800
<b>Installierte Leistung in GW<sub>el</sub></b>	1,4	2,7	8,7	12,8

Tabelle 2: KWK-Anlagenpopulation; Quelle: Eigene Darstellung nach Döring, Michael / Burges, Karsten / Hofmann, Frank et. al., Berlin 2013 und ergänzt durch Zahlen des B.KWK.

Der Trend hin zur dezentralen KWK-Erzeugung wird durch diese Zahlen unterstrichen: In der Mittel- und Niederspannung sind über 32% der Leistung installiert, jedoch auch über 99% der Anlagen.

### 3.3. Aufteilung der Anlagenklassen auf das Nieder- und Mittelspannungsnetz

Niederspannungsnetze verteilen den Strom überwiegend an den Endverbraucher. Die Niederspannungsnetze sind in der räumlichen Ausdehnung auf einen Bereich von einigen 100 m bis zu einigen Kilometern beschränkt. Sie werden in Europa üblicherweise mit einer Netzspannung von 230 V / 400 V (einphasig / dreiphasig) betrieben. Mittelspannungsnetze sind der Teil des

<sup>4</sup> vgl. Döring, Michael / Burges, Karsten / Hofmann, Frank et. al.: Entwicklung einer Nachrüstungsstrategie für Erzeugungsanlagen am Mittel- und Niederspannungsnetz zum Erhalt der Systemsicherheit bei Über- und Unterfrequenz. Endbericht, Berlin 2013, S. S.27ff; Ergänzungen nach Angaben des B.KWK.



Stromnetzes zur Stromverteilung auf Streckenlängen von einigen Kilometern bis zu 100 km. Sie werden üblicherweise mit Hochspannung von 10 kV, 20 kV, 30 kV oder 35 kV betrieben und können als Erdkabel oder als Freileitung ausgeführt werden.

Je nach KWK-Anlagenklasse existieren unterschiedliche Anlagenregister, die jedoch keinerlei Informationen bezüglich der Spannungsebene geben, in denen sich die KWK-Anlagen befinden. Es kann aber angenommen werden, dass die Spannungsebene niedriger sein wird, je kleiner die installierte Leistung der Anlage ist. Bezüglich der Anlagenkategorie bis maximal 2 MW kann davon ausgegangen werden, dass keine Anlagen mit weniger als 10 MW<sub>el</sub> in die Hoch- oder Höchstspannung einspeisen (Hochspannung ab 10 MW<sub>el</sub>; Höchstspannung ab 100 MW<sub>el</sub>). Bei Anlagen unter 250 kW<sub>el</sub> geht man davon aus, dass diese in die Niederspannung, Anlagen zwischen 250 kW<sub>el</sub> und 10 MW<sub>el</sub> in die Mittelspannung einspeisen.<sup>5</sup>

Aufgrund der hohen Anzahl kleinerer KWK-Anlagen in den Netzen der Nieder- und Mittelspannung bringt die Zusammenfassung mehrerer Anlagen zu einem sogenannten virtuellen Kraftwerk (VKW) verschiedene Vorteile. Neben einer unter Umständen effizienteren Vermarktung des Stromes verbessert sich die Qualität der Systemdienstleistungen erheblich, die kleinere KWK-Anlagen in der Lage zu erbringen sind. Dabei können die Systemdienstleistungen dezentral auf Basis der lokal gemessenen Netzparameter erfolgen.

Virtuelle Kraftwerke können mehrere Anlagen (auch unterschiedlicher Technologien) durch die Nutzung einer gemeinsamen Leittechnik zu einer Einheit zusammenschalten, die dann ähnliche Eigenschaften wie ein konventionelles Großkraftwerk besitzt, weil sie von einer einzelnen Warte aus gesteuert wird. Neben Erzeugungsanlagen können auch (abschaltbare) Lasten Teil eines VKW sein. KWK-Anlagen können aufgrund ihrer Eigenschaften sowohl als Erzeugungsanlagen (Stromproduktion) als auch als zuschaltbare Last (Wärmeproduktion mit elektrisch betriebenen Heizern) in ein VKW eingebunden werden und so zur Stabilität der Netze beitragen. Das VKW aggregiert die elektrische Leistung aus einer Vielzahl dezentraler KWK-Anlagen und stellt diese Leistung dem Netzbetreiber zur Verfügung. Wird eine Systemdienstleistung abgerufen, steuert das VKW den Einsatz der KWK-Anlagen. Der Einsatz dezentraler KWK-Anlagen kann gegenüber konventionellen Kraftwerken gleicher Leistung zu einer Erhöhung der Versorgungsqualität und -sicherheit als auch zu einer Vermeidung oder zumindest Verschiebung von Spitzenlasten in den Verteilnetzen führen. So lässt sich bei zunehmender Dezentralisierung ein steigendes Zuverlässigkeitsniveau auf Systemebene beobachten. Die steigende Zuverlässigkeit des Systems hängt allerdings maßgeblich von der Zuverlässigkeit des (dezentralen) Kraftwerkparks ab. Wenn die Verfügbarkeit der dezentralen Anlagen geringer ist als die der zentralen Anlagen, existiert ein optimaler Anteil dezentraler Einspeiser, der – wenn überschritten – zu einer Senkung des Zuverlässigkeitsniveaus führt.<sup>6</sup> Bei fluktuierender dezentraler Erzeugung – wie von Wind und Sonne – ist dieser Anteil schneller erreicht als bei regelbarer dezentraler Erzeugung.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass Dezentralität nicht gleich Dezentralität ist. Denn bezüglich der Erhöhung des Versorgungssicherheitsgrades oder der Vermeidung von Netzausbaumaßnahmen ist die Regelbarkeit der dezentralen Anlagen der Schlüssel. Bei zunehmender Einspeisung nichtregelbarer fluktuierender Einspeisung (z.B. PV) kann ein hoher

---

<sup>5</sup> vgl. Ebd.

<sup>6</sup> vgl. von Roon, Serafin: Mikro-KWK und virtuelle Kraftwerke, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE), 2009, S. 7.

Anlagebestand an einem Verteilnetz (Niederspannung) zu einer Umkehr der Lastflussrichtung und damit in Einzelfällen zu einem höheren Netzausbaubedarf in der nächsthöheren Netzebene führen.<sup>7</sup> Diese lassen sich aber durch intelligente Blindleistungskonzepte entschärfen.

In Verteilnetzen, die lediglich eine geringe Last bedienen (z.B. ländliche Gegenden) und sich weit von den nächsten Übertragungsnetzen befinden, können regelbare dezentrale Anlagen – wie die flexible KWK – Druck vom notwendigen Netzausbau auf der höheren Netzebene nehmen. Gerade im Zusammenhang mit dem beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie können zu einem VKW verbundene dezentrale KWK-Anlagen in entfernten Verteilnetzen nicht nur für Netzstabilität sorgen, sondern ebenfalls gesicherte Leistung zur Verfügung stellen.

Die allgemeine These jedoch, Eigenverbrauch und Dezentralität würden die Netze entlasten, kann nicht pauschalisiert werden. Denn auch eine teilweise Eigennutzung des erzeugten Stroms – bei sonst unveränderter Einspeiseleistung – bringt keine geringere Netzbelastung. Eine Entlastung des Netzes kommt nur bei netzkonformer Einspeisung zustande, also bei regelbarer Einspeisung oder netzkonformen Speichereinsatz. Beides können moderne flexible KWK-Systeme (mindestens KWK-Anlage plus Wärmespeicher) leisten.

Die Umstellung der (Prozess)-Wärmeerzeugung in Kombination mit der Stromerzeugung durch KWK-Anlagen ist volkswirtschaftlich höchst wirtschaftlich und zur Umsetzung der Energiewende zwingend erforderlich.

Der Einsatz von KWK ermöglicht erst durch die eigene Regelungsfähigkeit der Anlagen die Umsetzung der Energiewende und stabilisiert den Einsatz der volatilen erneuerbaren Energieerzeugung aus Sonne und Wind.

Dabei ist die Verdrängung konventioneller Kraftwerke durch zentrale und dezentrale KWK-Anlagen politisch und gesellschaftlich explizit gewollt und eine notwendige Unterstützung des Ziels der Energiewende. Darüber hinaus führt diese Verdrängung nicht, wie oftmals behauptet<sup>8</sup>, zu einer Verschlechterung der Versorgungssicherheit. Das Gegenteil kann in regionalen Netzen in der Praxis beobachtet werden. Dies ist vor allem dann nicht der Fall, wenn konventionelle Erzeugungsanlagen durch zuverlässige, regelbare KWK-Systeme ersetzt werden.

- **Sonne + Wind = Regelleistungsnachfrage**
- **KWK = Regelleistungsangebot**
- **(Sonne + Wind) + KWK = effizientes und stabiles Versorgungssystem**

Volkswirtschaftliche Belastungen durch obsolet gewordene Großkraftwerke entstehen nur dann, wenn diese Kraftwerke den Markt nicht verlassen und deren weiterer Betrieb zu einer Marktverzerrung beiträgt. Durch die Überkapazitäten im Grundlastbereich sinkt der Strompreis am Markt dann überproportional, was Zubauanreize für neue, disponible und vor allem flexible Erzeugungskapazitäten minimiert.

---

<sup>7</sup> vgl. Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): Integration der erneuerbaren Energien in den deutsch-europäischen Strommarkt. Endbericht, Berlin 2012, S. 122.

<sup>8</sup> vgl. Bardt, Hubertus / Growitsch, Christian, et al.: Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom. Stand, Potentiale und Trends, Köln 2014, S. 69.

Im Rahmen der ökologischen und ökonomischen Ziele der Energieumstellung ist der Einsatz von KWK-Anlagen also ein zentraler Baustein, der im Wesentlichen mit folgenden Benefits zum Gelingen der Energiewende maßgeblich beiträgt:

- Gute Regelungsfähigkeit
- Unterstützung im Netzmanagement durch Frequenz- und Spannungshaltung
- Hohe Effizienz in der Brennstoffausnutzung
- Substantielle Reduzierung der Treibhausgasemissionen
- Die Ergänzung von Sonnen- und Windenergie durch die Energieumwandlung in KWK-Anlagen ersetzt heutige Regelkraftwerke
- Kombination mit Wärmespeicher volkswirtschaftlich äußerst sinnvoll und ersetzt die notwendigen aber teuren Stromspeicher, setzt aber einen Paradigmenwandel vom wärmegeführten Betrieb hin zur stromorientierten Fahrweise voraus
- Unterstützende Systemdienstleistungen für die *power-to-gas* und *power-to-heat* Konzeption

### 3.4. Beitrag zur Frequenzhaltung in der jeweiligen Netzebene

Die Frequenzhaltung bezeichnet die Ausregelung von Frequenzabweichungen infolge von Ungleichgewichten zwischen Einspeisung und Verbrauch elektrischer Energie. Sie erfolgt durch das Zusammenspiel von Momentanreserve, Primär- (PRL) und Sekundärregelung (SRL) sowie unter Nutzung von Minutenreserven (MR) in präqualifizierten Kraftwerken und Verbraucher-pools. Die Hauptverantwortung für die Frequenzerhaltung liegt bei den Übertragungsnetzbetreibern, die ebenfalls die Organisation des Regelenergiemarktes nach den organisatorischen Regeln der Bundesnetzagentur übernehmen. Neben den drei Produkten am Regelenergiemarkt PRL, SRL und MR greift noch vor der Primärreserve die Momentanreserve, bei der es sich allerdings um kein Produkt innerhalb des Regelenergiemarktes, sondern um eine inhärent in den sich drehenden Turbosätzen der Kraftwerke vorhandene Massenträgheit handelt.

Diese Momentanreserve leitet sich aus der rotierenden Masse der großen Turbinensätze und Kraftwerksgeneratoren ab, die synchron im Netz eingebunden sind. Unmittelbar nach dem Auftreten einer Frequenzabweichung sorgt die rotierende Generatormasse – man spricht in diesem Zusammenhang auch von der Trägheit des Systems – für eine Stabilisierung und überbrückt auf die Art und Weise die Zeit, bis die Primärreserve abgerufen werden kann. Aufgrund der zunehmenden Dezentralisierung der Erzeugung, die vor allem von Technologien geprägt ist, die meist keine Momentanreserve anbieten können (z.B. Photovoltaik), nimmt die Leistung aus Anlagen mit rotierender Masse ab. Dies führt zu einer Belastung der Netzstabilität. Da die Momentanreserve vor allem von direkt mit dem Netz verbundenen Synchrongeneratoren bereitgestellt wird, können besonders große und mittlere KWK-Anlagen dabei helfen, die Trägheit des Systems in Zukunft zu erhalten und Momentanreserve zur Verfügung zu stellen.<sup>9</sup>

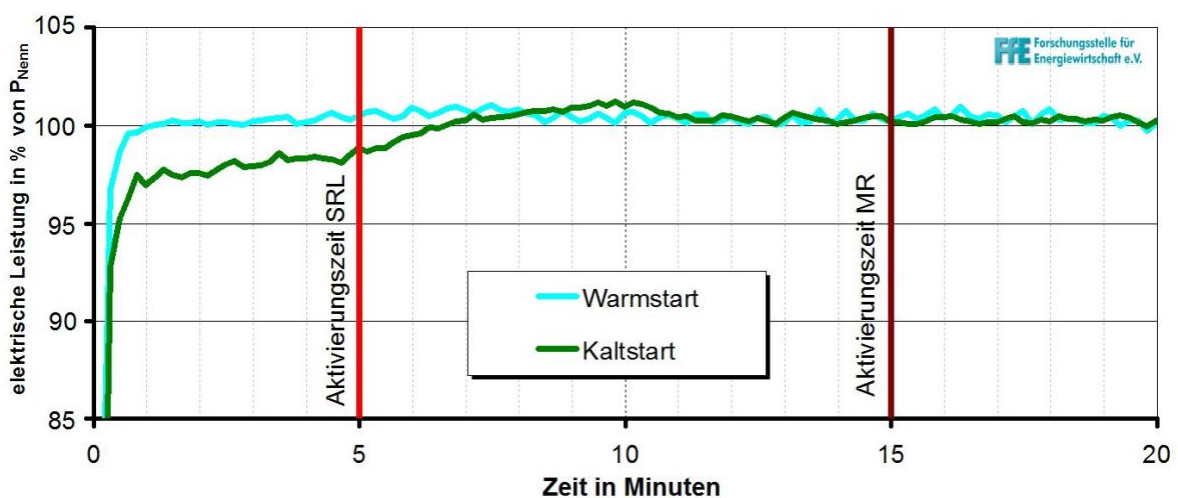
---

<sup>9</sup> vgl. Tröster, Eckehard et. al.: Kurzgutachten zur Eigenstromerzeugung in Rheinland-Pfalz, Energy-nautics, Darmstadt 2014, S. 9f.

Das Anbieten von Regelenergie wird mit zunehmender Einspeisung aus nicht-regelbaren, fluktuierenden erneuerbaren Energien zusehends wichtiger. In diesem Zusammenhang steigt die Bedeutung der Primär-, Sekundär- und Minutenreserve als Produkte zur Frequenzerhaltung im Stromnetz. In Deutschland streben Netzbetreiber eine Frequenz von 50 Hz an. Bei einer Abweichung von  $\pm 10\text{mHz}$  muss die Primärregelung binnen 30s vollständig aktiviert sein. Muss stärker eingegriffen werden, erfolgt die Sekundärregelung, die jedoch nach spätestens 5 Minuten zur Verfügung stehen muss. Die Minutenreserve greift bei einem weitergehenden Bedarf nach Regelenergie und erfordert die Bereitstellung von Leistung innerhalb von 15 Minuten für mindestens vier Stunden. Während bei der Primärreserve lediglich das Anbieten von Leistung vergütet wird, bekommen Erzeuger, die Sekundär- oder Minutenreserve anbieten sowohl die Leistung als auch die eventuell abgerufene Arbeit vergütet. Dieses dreigliedrige Reservesystem sorgt für lediglich geringe Frequenzschwankungen und eine hohe Netzstabilität.

Bei einem Überangebot von Strom im Netz, können KWK-Anlagen ebenfalls helfen, die Frequenz stabil zu halten, indem überschüssiger Strom beispielsweise durch die „Power-to-Heat“ Technik in speicherbare Wärme umgewandelt wird. Des Weiteren können KWK-Anlagen – sofern ein Wärmespeicher vorhanden ist – bei einem Überangebot von Strom im Netz die Erzeugung zeitweise einstellen, auch wenn weiterhin Wärmebedarf besteht.

KWK-Anlagen können in all diesen Reservekategorien eingesetzt werden, dabei eignen sich aber unterschiedliche Technologien, Anlagentypen und -konfigurationen besser als andere, da die einzelnen Regelenergiearten unterschiedliche Anforderungen stellen.



Grafik 2: Warm- und Kaltstart eines BHKWs; Quelle: von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 7.

Die obige Abbildung der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) beispielsweise zeigt, dass eine KWK-Anlage, in diesem Fall ein BHKW, bei einem Warmstart die elektrische Nennleistung bei unter einer Minute zur Verfügung stellt, womit die Anlage sowohl die Voraussetzungen zum Anbieten von Sekundärreserveleistung als auch von Minutenreserve erfüllt. Bei einem Kaltstart wird die Nennleistung erst nach ca. 8 Minuten erreicht, womit lediglich die Voraussetzungen für die

Minutenreserve erfüllt sind. Allerdings ist selbst bei einem Kaltstart kurzfristig um die 97% der Nennleistung abrufbar.<sup>10</sup>

Zu berücksichtigen gilt jedoch, dass das Anbieten von Sekundär- und Minutenreserve nach heutigen Bestimmungen lediglich in Blöcken von 5 MW gestattet ist. Da die meisten dezentralen KWK-Anlagen diese Größenordnung nicht erreichen, können diese Anlagen nur als zusammengeschlossene VKW Reserveleistungen anbieten.<sup>11</sup> Perspektivisch wäre jedoch auch möglich, die Regeln zum Anbieten von Reserveprodukten mit fortschreitender Energiewende und Dezentralisierung dem sich ändernden Kraftwerkspark anzupassen. Mit einem steigenden Einsatz dezentraler KWK-Anlagen zur Frequenzstabilisierung ist ein teilweiser Übergang der Verantwortung für die Netzstabilität vom Übertragungsnetz- auf den Verteilnetzbetreiber verbunden.

Aktuell werden in der Politik – sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene – zahlreiche Möglichkeiten diskutiert, um eine ausreichende Kapazität am Markt jederzeit sicherzustellen. Des Weiteren soll die Residuallast, die zurzeit überwiegend durch konventionelle Erzeugung gedeckt wird, zukünftig möglichst umwelt- und klimaschonend sowie zuverlässig bereitgestellt werden.

Die KWK ist je nach spezifischer Ausgestaltung der Anlage geeignet, sowohl Regelenergie (Primär-, Sekundär- und Minutenreserve) als auch darüber hinaus gehende flexible Kapazität bereitzustellen, um einen Beitrag zur Deckung der Residuallast zu leisten. Je nach Rahmenbedingungen können flexible KWK-Systeme mit Wärmespeicher und Elektrowärmeoption aber die Schaffung eines separaten Marktes für Kapazität sogar obsolet machen. Anstatt mit Reservekraftwerken oder Speichern gewährleistet beispielsweise Dänemark – mit einem KWK-Anteil von über 50% – die eigene Versorgung unter anderem dank einer Flexibilisierung der KWK und des Regelenergiemarktes.<sup>12</sup>

In Deutschland geht vor allem von kleinen und mittleren dezentralen KWK-Anlagen das größte Potential für den flexiblen Ausgleich der erneuerbaren Energien aus. Das tendenziell geringe Potential großer, z.B. industrieller KWK-Anlagen, liegt im Aufwand, diese Anlagen zu flexibilisieren. Große, industrielle KWK-Anlagen werden – wie die meisten KWK-Anlagen heute – wärmegeführt betrieben. Die erzeugte Prozesswärme, die für verschiedene industrielle Produktionsprozesse benötigt wird, lässt sich allerdings aufgrund der hohen Temperaturen meist nicht kostengünstig und effizient speichern. Dies gilt besonders dann, wenn Prozessdampf benötigt wird. Bei der Nutzung von Warmwasser in Industrieprozessen dagegen können und werden Großspeicher eingesetzt.

Das geringe Potential großer industrieller KWK-Anlagen liegt auch darin begründet, dass Industriebetriebe, bei denen sich die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme rentiert, bereits über eine KWK-Anlage verfügen: Das Potential eines weiteren KWK-Zubaus wie er in der Gesamtheit zur Energiewende benötigt wird, hält sich in diesem Segment daher in Grenzen. Allerdings könnte die Erhöhung der Stromkennziffer durch das Repowering solcher KWK-Anlagen eine höhere Strommenge mit derselben Wärmesenke erzeugen.

Damit KWK-Anlagen eine stabilisierende Leistung in diesem Bereich anbieten können, ist es notwendig, die KWK-Anlagen zu flexibilisieren. Dies bedeutet hauptsächlich eine Veränderung der

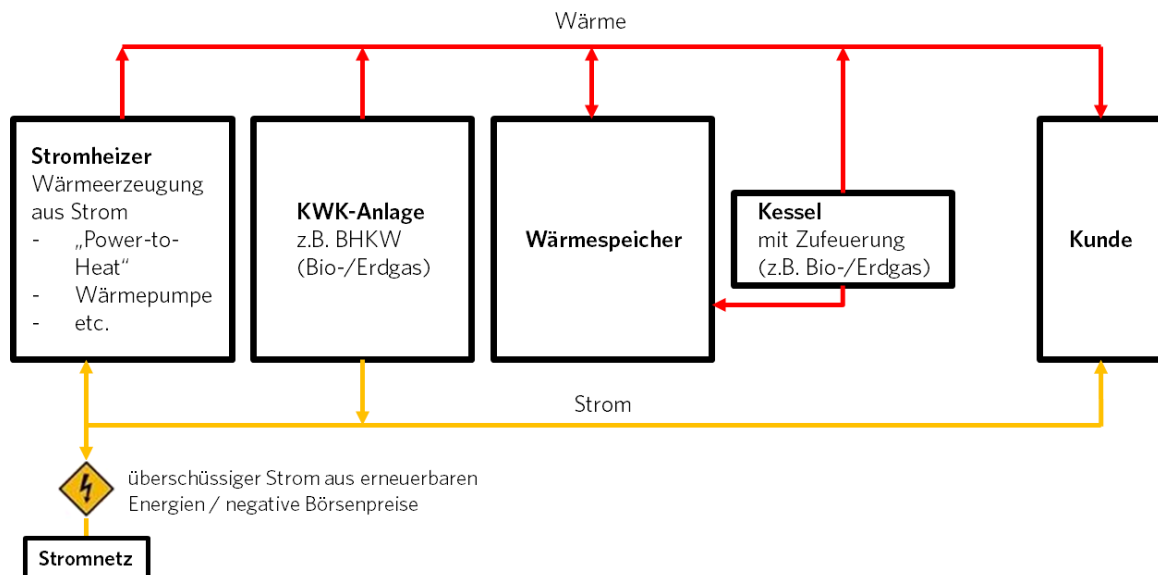
---

<sup>10</sup> vgl. von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 11.

<sup>11</sup> Poolung ist gemäß der BNetzA-Festlegungen erlaubt: BK6-10-099 (MR), BK6-10-098 (SRL), BK6-10-097 (PRL).

<sup>12</sup> vgl. Ritter, Peter: Flexible KWK-Anlagen können einen Teil der für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energien erforderlichen Regelenergie abdecken, Dissemination Strategy on Electricity Balancing for Large Scale Integration of Renewable Energy, 2007, S. 2.

bisher dominierenden, wärmegetriebenen hin zu einer an der Stromproduktion stärker angepassten Fahrweise. Wärmespeicher sind in dieser Beziehung zentral, da eine mit einem solchen Speicher ausgestattete KWK-Anlage auch dann effizient Strom und Wärme erzeugen kann, wenn zwar Strom gebraucht wird, Wärme aber nicht. Darüber hinaus müssen kleinere dezentrale KWK-Anlagen zu einem VKW zusammengefasst werden, um die formalen Voraussetzungen erfüllen zu können, die zum Anbieten der verschiedenen Regelleistungsprodukten notwendig sind.



Grafik 3: Beispiel für ein flexibles KWK-System; Quelle: Eigene Darstellung.

Als Virtuelles Kraftwerk haben kleinere dezentrale KWK-Systeme dann das Potential, konventionelle Regelleistungskraftwerke zu substituieren. In Simulationen zeigte sich, dass 100 MW dezentrale Mikro-KWK-Leistung rund 14 MW Regelleistungskraftwerke (14%) einsparen können. Zudem können größere Pufferspeicher das Substitutionspotential sogar weiter erhöhen und dabei helfen, kostspielige Start- sowie Stoppvorgänge erheblich zu reduzieren.<sup>13</sup>

Die Substitution von Regelleistungskraftwerken durch dezentrale KWK in einem Umfang von 14% kann zu deutlichen Kostenersparnissen führen. Aufgrund ihrer Eigenschaften – schnell regelbar und umweltfreundlich – werden Gaskraftwerke, hier besonders GuD-Kraftwerke, die aber nicht im KWK-Betrieb eingesetzt werden, oftmals als optimale Partner zur Deckung der Residuallast betrachtet. Diese Kraftwerke können im aktuellen Umfeld jedoch nur selten wirtschaftlich betrieben werden. Ersetzen nun, wie auf Seite 10 gezeigt, dezentrale KWK-Anlagen solche Kraftwerke im Regelleistungsmarkt, können substantielle Ersparnisse pro substituiertes MW erzielt werden.

Am Beispiel der Kraftwerksblöcke 4 und 5 in Irsching lässt sich eine mögliche potentielle Ersparnis nachvollziehen. In diesem Fall hatte der Kraftwerksbetreiber die Abschaltung der hochmodernen GuD-Blöcke beantragt, da der wirtschaftliche Betrieb der Kraftwerke nicht gesichert war. Bundesnetzagentur und zuständiger Übertragungsnetzbetreiber stellten jedoch die Bedeutung der Kraftwerksblöcke für die Netzstabilität fest. Daher gingen 2013 Kraftwerks- und Übertragungsnetzbetreiber eine Vereinbarung ein, bei der letzterer die Kosten für den Weiterbetrieb des Kraftwerks anteilig für drei Jahre übernahm. Die Details dieser Vereinbarung sind nicht öffentlich

<sup>13</sup> vgl. von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 12.

zugänglich. Allerdings kann man anhand einer Schätzung schlussfolgern, dass die jährliche Kosten des Netzbetreibers – und die potentielle Einsparungen durch eine Substitution – bei gut 10,55 Mio. Euro liegen könnten. Dies entspräche also rund 31,65 Mio. Euro für die dreijährige Vereinbarung.<sup>14</sup> Dabei könnte sich diese Schätzung als sehr konservativ erweisen. In Branchenkreisen spricht man auch von Kosten in Höhe von bis zu 80 Mio. Euro jährlich.<sup>15</sup> Kosten, die über die Netznutzungsentgelte auf die Netzkunden umgelegt werden.

### 3.5. Beitrag zur Spannungshaltung in der jeweiligen Netzebene

Die elektrische Spannung, die den Endkunden im Stromnetz bereitgestellt wird, ist ein wesentlicher Parameter für die Nutzung der elektrischen Energie. Zur Sicherung der angeschlossenen Verbraucher ist diese Spannung in engen Grenzen konstant zu halten, wofür der Netzbetreiber im Rahmen der Spannungshaltung verantwortlich ist. Dies betrifft alle Netzebenen.

In Deutschland muss die Netzspannung für Kleinverbraucher bei 230 V ± 10% liegen, d.h. zwischen 207 V und 253 V. Der Netzbetreiber verfolgt mit der Systemdienstleistung „Spannungshaltung“ die Ziele der Sicherheit und Stabilität, Effizienz und Kostenminimierung sowie die Konformität mit der Qualitätsnorm EN 50160 (Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen). Kosten entstehen dem Netzbetreiber im Rahmen der Spannungshaltung beim Ausgleich der Wirkverluste, die durch Blindleistungsflüsse entstehen, sowie bei der Bereitstellung von Blindleistung in eigenen Kompensationsanlagen, sofern die Blindleistungsbereitstellung durch Erzeugungsanlagen nicht ausreicht.

#### *Anforderungen an KWK-Anlagen nach der Mittelspannungsrichtlinie*

Lange Zeit galt für KWK-Anlagen aus der Mittelspannungsrichtlinie die Vorgabe, sich im Fehlerfall sofort vom Netz zu trennen. KWK-Anlagen galten in der Netztechnik – wie PV- und Wind-Anlagen – als „negative Verbraucher“ und reduzierten somit die Verbraucherlast.

Durch die fortschreitende Dezentralisierung von Stromerzeugungsanlagen (wie PV-, Wind- und KWK-Anlagen) bekommen diese eine immer größere Bedeutung bei der Stromerzeugung. Dies spiegelt sich wider in den Anforderungen der BDEW Richtlinie „Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“.<sup>16</sup>

---

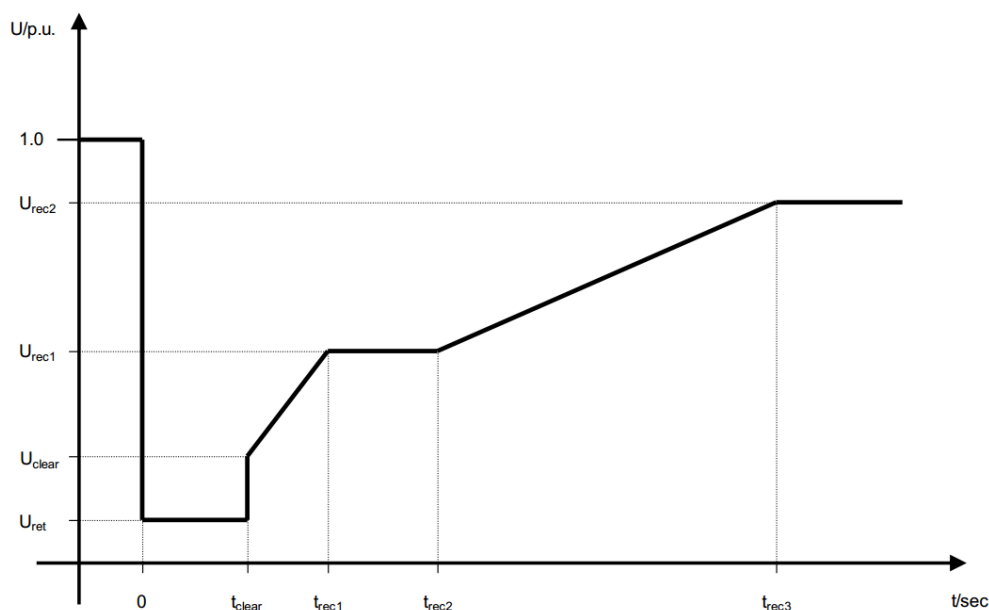
<sup>14</sup> Dieser Schätzung liegen mehrere Annahmen zugrunde: 1) Der wirtschaftliche Betrieb der einzelnen KWK-Systeme ist auch ohne das Anbieten von Regelenergie gesichert. 2) Die Gesamtinvestitionen für die Kraftwerksblöcke Irsching 4 & 5 (zusammen 1.395 MW) belaufen sich auf rund 1 Mrd. Euro. Da das Kraftwerk „in erheblichem Umfang“ (siehe Interview mit BNetzA-Chef Homann vom 14. Juni 2013) zu Redispatch Zwecken genutzt wird (über 10%), wird es als Teil des Netzes nach ARegV mit 9,05% Eigenkapitalrendite verzinst. Zur Berechnung wird eine Verteilung von 40% Eigenkapital zu 60% Fremdkapital unterstellt. Das Fremdkapital wird zu 4% verzinst. 3) Der ÜNB übernimmt diese Kosten gemäß des unterstellten Nutzungsgrads von 14% (8,43 Mio. €). Hierzu kommen noch Kosten für Betrieb und Wartung von 2,12 Mio. € (ebenfalls bei Übernahme von 14%). 4) Damit beläuft sich die Kostenübernahme des ÜNB für die Nutzung des Kraftwerkes auf 10,55 Mio. € p.a. Darüber hinaus kommen noch die Kosten für Abgerufene Arbeit. 5) Der Übertragungsnetzbetreiber übernimmt die Fixkosten (inkl. Kapitalkosten) in Höhe des Nutzungsanteils.

<sup>15</sup> vgl. „Zweierlei Maß im Fall Irsching“, in: Energie & Management Online, 13.01.2014, unter: [http://www.energie-und-management.de/?id=84&no\\_cache=1&terminID=102779](http://www.energie-und-management.de/?id=84&no_cache=1&terminID=102779), 16.05.2014.

<sup>16</sup> vgl. Bundesverband der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Technische Richtlinie. Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Berlin 2008; sowie Bundesverband der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Regelungen und Übergangsfristen für bestimmte Anforderungen in Ergänzung zur

Die Mittelspannungsrichtlinie fordert, dass sich neben Wind-, Wasserkraft-, und Photovoltaik-Anlagen auch KWK-Anlagen an der statischen und dynamischen Netzstützung beteiligen. Die statische Netzstützung, die im normalen Netzbetrieb langsame Spannungsveränderungen kompensiert, gilt seit dem 01.01.2010 für KWK-Anlagen. Die vollständige dynamische Netzstützung und das Verbleiben am Netz während Spannungseinbrüchen (Low Voltage Fault Ride Through z.B. bei Kurzschlüssen im Netz) muss seit dem 01.01.2013 sichergestellt werden. Hierdurch wird der Verlust von Erzeugungsleistung in kritischen Netzsituationen verhindert.

Bei KWK-Anlagen, wie BHKWs, ist das technische Regelwerk insbesondere für diese Stromerzeuger hinsichtlich der möglichen – hier auch geforderten – Systemdienstleistungen für die Netzstabilität zu berücksichtigen. Mit den technischen Bedingungen aus der statischen und dynamischen Netzstützung verschieben sich die Anforderungen und die Betriebsweise der KWK-Anlagen. Die BHKW-Anlagen wurden bisher auf maximalen Wirkungsgrad und maximale Leistung bei  $\cos\varphi=1.0$  ausgelegt. Gemäß der Mittelspannungsrichtlinie sind weitere Regelungen zu beachten, z. B. vergrößerter Spannungs- und Frequenzbereich, Leistungsreduktion über der Frequenz, externe Leistungsvorgabe, variabler  $\cos\varphi$  und die dynamische Netzstützung. Bei der dynamischen Netzstützung muss die BHKW-Anlage bei einem Spannungseinbruch oberhalb der Spannungs-Zeit-Kennlinie am Netz bleiben und den so definierten maximalen Spannungseinbruch (während dem deutlich weniger Energie ins Netz abgegeben werden kann) beim Fault Ride Through (FRT-Fall) durchfahren können.



Grafik 4: Fault-Ride-Through Profil einer Stromerzeugungseinheit nach ENTSO-E Network Code; Quelle: European Network of Transmission System Operators for Electricity (Hrsg.): Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators, Brüssel 2013, S. 22.



## **Anforderungen an KWK-Anlagen nach der Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 („Niederspannungsrichtlinie“)**

Analog zur Mittelspannungsrichtlinie trägt die Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 der sich ändernden Anlagenpopulation Rechnung, die in das Niederspannungsnetz einspeist. Auch die VDE-Vorschrift dient der besseren Integration der zunehmenden fluktuierenden dezentralen Einspeisung in den niedrigen Stromnetzebenen und versucht dies durch die Einführung standardisierter technischer Anforderungen an die Erzeugungsanlagen zu erreichen. Die Anwendungsregel des VDE ist am 01.08.2011 in Kraft getreten. Seit dem 01.01.2012 ist sie für alle PV-Anlagen verpflichtend, seit 1.7.2012 für alle anderen Einspeiseanlagen im NS-Netz. Ihre verpflichtende Wirkung erhält die Anwendungsregel als Teil der technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber.<sup>17</sup>

Während KWK in der Niederspannung – also vornehmlich Mikro-KWK-Anlagen – von den Vorgaben der VDE Anwendungsregel betroffen sind, geht die Notwendigkeit des neuen Regelwerkes hauptsächlich auf die steigende Einspeisung durch nicht oder nur schlecht regelbare Erzeugungstechnologien wie Wind und vor allem Photovoltaik zurück.

Zu den zentralen Lösungen, die die AR-N 4105 einführt, gehören die Blindleistungsbereitstellung zur statischen Spannungserhaltung, die Beschreibung der Anforderungen bezüglich einer „symmetrischen Einspeisung“<sup>18</sup> sowie Anforderungen an eine frequenzabhängige Wirkleistungssteuerung. Letzteres adressierte in erster Linie die sogenannte „50,2-Hz-Problematik“, bei der sich Anlagen (PV) regelkonform gemäß der alten Norm VDE 0126-1-1 beim Überschreiten dieser Frequenz automatisch vom Netz trennten. Sahen die Regeln also vor, dass sich dezentrale Erzeugungsanlagen bei kritischen Netzsituationen vom Netz trennten, so sehen die Regeln aktuell vor, dass die Anlagen am Netz bleiben und so einen aktiven Beitrag zur Stabilisierung des Netzes leisten.

Für kleine KWK-Anlagen trifft diese Regel ebenfalls zu. So müssen KWK-Anlagen, die an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind, ihre Einspeisung je nach Netzfrequenz anpassen können. Beispielsweise müssen die Anlagen bei steigender Netzfrequenz in der Lage sein, die Einspeiseleistung abzuregeln (analog zur Mittelspannungsrichtlinie des BDEW). Alternativ können Anlagen am NS-Netz gestaffelt abschalten. Die Anlagen trennen sich bei unterschiedlichen, randomisierten Frequenzen vom Netz, so dass im Schwarm ebenfalls eine graduelle Leistungsreduktion realisiert wird. Weiterhin muss der Netzbetreiber auch fähig sein, die Anlagen ferngesteuert abzuregeln, um Netzüberlastungen zu beheben, die in der Prognose sichtbar werden (siehe hierzu auch §6 EEG Beteiligung am Einspeisemanagement).

### **Blindleistung**

Auch die geforderte Blindleistung nach Mittelspannungsrichtlinie und VDE-AR-N 4105 wird von KWK-Anlagen wie BHKWs bereitgestellt. So können Synchronmaschinen Blindleistung bereitstellen, die notwendig ist, um die Netzspannung zu stabilisieren. In bestimmten Konstellationen kann der Austausch von Blindleistung die Kapazität der Netze erhöhen und den Netzausbau verringern. Während von größeren KWK-Anlagen gemäß Mittelspannungsrichtlinie die Einspeisung von Blindleistung gefordert werden kann, ist es besonders für die Stabilisierung des Niederspannungsnetzes von Vorteil, wenn hier Anlagen ebenfalls Blindleistung bereitstellen können.

---

<sup>17</sup> vgl. VDE/FNN: Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, VDE-AR-N 4105.

<sup>18</sup> Umrichteranlagen müssen die drehstrom-technischen Anforderungen der Drehstrom-Synchrongeneratoren erfüllen.

Selbst kleinere BHKWs können dies, sofern es sich hierbei um Synchronmaschinen oder um Umrichter-gekoppelte Anlagen handelt.

Asynchrongeneratoren müssen durch eine entsprechende Kondensatorbatterie ergänzt werden, damit sie Blindleistung bereitstellen und eine ausgleichende Wirkung für das Netz übernehmen können. Wird ein Asynchrongenerator nicht direkt, sondern über einen Umrichter an das Netz gekoppelt, kann er das Verhalten eines Synchrongenerators in kritischen Netzsituationen simulieren. In erster Linie wird durch den Wechselrichter dann das Verhalten eines elektromechanischen Synchrongenerators nachgestellt.

### *Andere Vorschriften*

Neben den in Deutschland gültigen Richtlinien zum Anschluss an die Nieder- und Mittelspannungsnetze gibt es in anderen Ländern, innerhalb und auch außerhalb der EU, länderspezifische Vorschriften, welche die Randbedingungen für den Parallelbetrieb am Netz vorgeben. Immer mehr Länder überarbeiten diese Vorschriften unter dem Gesichtspunkt der dezentralen Versorgung mit erneuerbarer Energie.

In Europa wurden vom Verband der Europäischen Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) entsprechende Vorschriften erarbeitet (European Network of Transmission System Operators for Electricity). Im Network Code "Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators" werden Anforderungen an Erzeugungsanlagen von wenigen hundert Watt bis in den GW-Bereich hinein europaweit festgelegt.<sup>19</sup> Der Network Code „Requirements for Generators“ wird nach Abschluss des Komitologieverfahrens voraussichtlich Ende 2014 die Rahmenbedingungen für länderspezifische Richtlinien und Vorschriften mit einer 3 jährigen Übergangszeit bestimmen.

### *Dezentrale KWK und Virtuelle Kraftwerke*

In einer Studie der Forschungsstelle für Energiewirtschaft wurde eine reale Neubau-Wohnsiedlung mit dezentralen KWK-Anlagen untersucht und anschließend in einer Simulation verschiedene Auswirkungen auf das Niederspannungsnetz analysiert. Im Ergebnis führte der Einsatz dezentraler Erzeugungssysteme sowohl zu einer Reduktion der Belastungen in den Stromnetzen um 50% als auch zu einer Verringerung der in einem Versorgungsgebiet bezogenen Strommengen um zwei Drittel.<sup>20</sup>

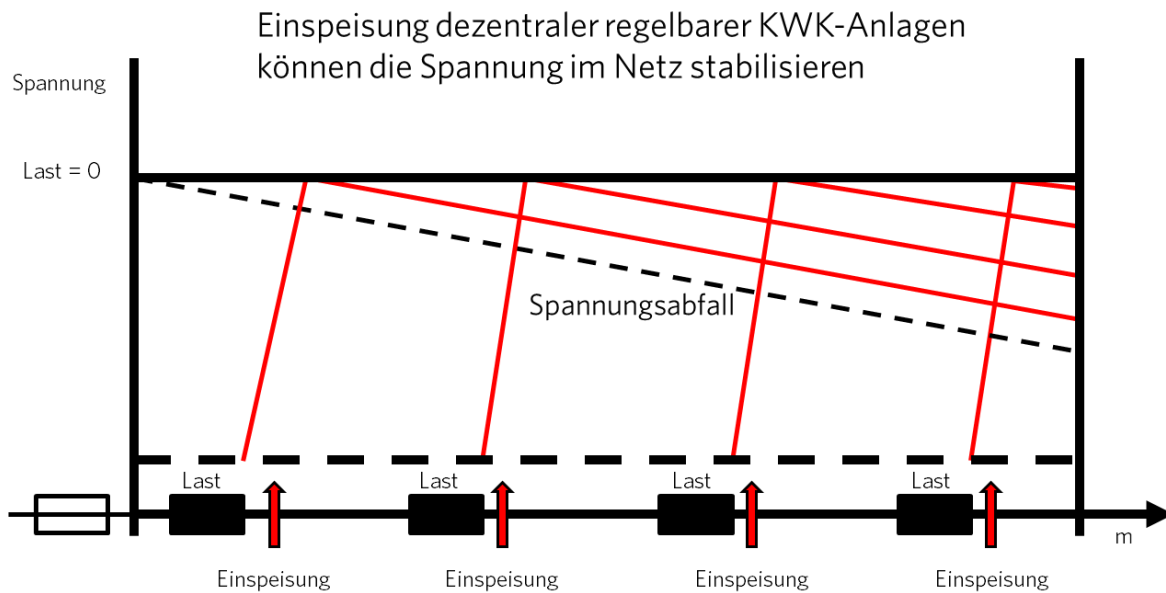
Dezentrale KWK-Einspeisung stabilisiert die Netzspannung (siehe Grafik 5), wenn diese im räumlichen Zusammenhang aufeinander abgestimmt wird. Die Entlastung des Netzes lässt sich weiter vergrößern, wenn die KWK-Systeme Bedarfsspitzen im Laufe eines Tages bedienen. Bei einer abgestimmten Einspeisung durch regelbare KWK-Anlagen verringern sich zudem die Netzverluste aufgrund der kurzen Distanzen zwischen Einspeisung und Verbrauch. Die Verringerung der bezogenen Strommenge im Niederspannungsnetz ist auf den bei KWK-Anlagen dominierenden Betriebsmodus zurückzuführen, der prinzipiell auf die Eigenversorgung optimiert ist. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Möglichkeiten einer KWK-Anlage (zentral, dezentral oder im Verbund), netzstabilisierend zu wirken, abnehmen, wenn Strom nicht nach Bedarf eingespeist wird. Denn gerade die netzorientierte Einspeisung wirkt, beispielsweise bei einem Frequenzrückgang, stabilisierend. Daher sind Betriebsmodelle, die keine Stromeinspeisung ins Netz vorsehen, nicht

---

<sup>19</sup> vgl. European Network of Transmission System Operators for Electricity (Hrsg.): Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators, Brüssel 2013.

<sup>20</sup> vgl. von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 6.

prinzipiell als systemisch kostengünstiger oder als weniger belastend für das öffentliche Netz<sup>21</sup> zu verstehen. Die nachgewiesenen Systemdienstleistungen der KWK werden hier nicht betrachtet.



Grafik 5: Wirkung dezentraler regelbarer KWK-Einspeisung auf den Spannungsabfall im Netz; Quelle: Eigene Darstellung.

Die durchgeführte Netzsimulationen belegen, dass besonders dezentrale KWK-Anlagen – in diesem Fall eine Kombination aus kleinen Brennstoffzellenanlagen und BHKWs – im Niederspannungsnetz zu einer deutlichen Verbesserung der Spannungshaltung führen. Die dezentralen KWK-Anlagen verringern dabei den Spannungsabfall und würden theoretisch größere Stromkreislängen oder geringere Kabelquerschnitte ermöglichen. Zudem könnten aufgrund des geringeren Leistungsbedarfs beim Einsatz dezentraler KWK-Anlagen kleinere Transformatoren mit geringerer Leistung und niedrigeren spezifischen Kosten eingesetzt werden. Die Netzsimulationen zeigen jedoch auch, dass das Schutzkonzept in der Ortsstation unter Umständen angepasst werden müsste.<sup>22</sup>

Insgesamt ist festzustellen, dass KWK-Anlagen in der Lage sind, zur Spannungserhaltung und damit zur Netzstabilität beizutragen. Besonders Synchronmaschinen – sofern sie die Vorgaben der Mittelspannungsrichtlinie sowie der Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 erfüllen – können diesbezüglich netzstützend wirken, da sie auch bei Netzstörungen in der Lage sind, stabil durchzulaufen ohne sich vom Netz zu trennen. Bei Nichterfüllung dieser Vorgaben laufen die Anlagen Gefahr, das Netz in kritischen Situationen nicht optimal stützen zu können.

### 3.6. Praktische Erfahrungen

Der Einsatz von KWK-Anlagen und -Systemen zum stützen der Stromnetze sowie zur Integration fluktuierender erneuerbarer Energie wird bereits von unterschiedlichen Akteuren im Markt aktiv genutzt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mit ausgewählten Stadtwerken und anderen Energieversorgungsunternehmen Gespräche geführt, um zu verstehen, wie KWK in der Energiewirtschaft heute eingesetzt wird, welche Herausforderungen bestehen und welche Entwicklungen vom Energiesektor erwartet werden.

<sup>21</sup> vgl. Bardt, Hubertus / Growitsch, Christian, et al. (Anm. 8), S. 68.

<sup>22</sup> vgl. von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 6.

### *Die Rolle der KWK im zukünftigen Energiesystem*

Der bisherige wärmegeführte Einsatz von KWK – darin bestand Einigkeit – wird und muss sich stärker den Bedürfnissen des zukünftigen Stromsystems richten. Dieses System wird immer stärker von fluktuierenden erneuerbaren Energien geprägt sein, so dass Alternativen zum „Durchfahren“ der KWK technisch sowie regulatorisch ermöglicht werden müssen. So kann dann die KWK flexibel auf die Signale des Strommarktes sowie auf die Bedürfnisse des Stromnetzes reagieren.

Die flexible Deckung der Residuallast, das Anbieten von Regelenergie und das Vorhalten gesicherter Leistung werden im Strombereich – neben der Erzeugung von Wärme – die neuen Hauptaufgaben der KWK in Deutschland sein. Dies kann aber nur erfolgen, wenn KWK-Anlagen zu flexiblen regeleneriefähigen KWK-Systemen ausgebaut, also mindestens durch einen Speicher ergänzt werden. Während moderne Gaskraftwerke ebenfalls in der Lage sind, die Residuallast bei Fluktuationen zu bedienen, erreicht dies die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme insgesamt effizienter und mit einem entsprechend niedrigeren Primärenergieverbrauch. Geht es um den Einsatz als Reservekraftwerke, ist die KWK den heute überwiegend eingesetzten Kohlekraftwerken hoch überlegen, da letztere teilweise einen ganzen Tag brauchen, um hochzufahren.

Wesentlich ist aber neben den oben genannten Forderungen ein grundsätzliches Umdenken in der Struktur des bundesweiten Energiesystems. Die Energieleitung von vier relativ konzentrierten konventionellen Produktionsstandorten zu den Verbrauchern wird zukünftig an Bedeutung verlieren und durch neue lokale Produktions- und Verteilstrukturen ersetzt werden. Mit dem Festhalten an zentralistischen Strukturen des bisherigen Energiesystems wird die Energiewende substantiell gefährdet. Das künstliche Festhalten an Doppelstrukturen ist volkswirtschaftlich teuer und gesellschaftlich unerwünscht, entspricht aber den Partikularinteressen einzelner großer Akteure in der Energiewirtschaft.

Die KWK bietet sich hierfür aus den oben genannten Argumenten als der zielführende Partner und Treiber der Energiewende an.

### *Umdenken: vom Strom- zum Wärmespeicher*

Wenn es darum geht, erneuerbare Energien besser zu integrieren und die Energiewende erfolgreich umzusetzen, muss ein Umdenken „vom Strom- zum Wärmespeicher“ stattfinden. Der KWK komme hierbei naturgemäß eine Schlüsselrolle zu. Oftmals wird kritisch angemerkt, dass man bei der Umwandlung von Strom in Wärme eine „hochwertige“ Energieform in eine „minderwertige“ umwandelt. Aus Kosten- und Effizienzgründen ist jedoch ein Umdenken notwendig. Zukunftstechnologien wie „Power-to-Gas“ beispielsweise könnten eine Lösung darstellen, seien aber zurzeit nicht wirtschaftlich und wenig effizient. Bei „Power-to-Gas“ würde beispielsweise aus 1 kWh Strom maximal 0,4 kWh Gas, bei bereits heute einsetzbaren Technologien wie „Power-to-Heat“ dagegen erhält man aus 1 kWh Strom auch 1 kWh Wärme.

Obwohl Wärmespeicher immer zu einer Flexibilisierung führen können, ist es notwendig, die Speicher auch entsprechend zu dimensionieren. Kleine Speicher bieten dabei kaum eine Lösung für das System, da ihre Kapazitätsgrenze sehr schnell erreicht ist und die Wärme im Anschluss über Tage verbraucht wird. Zu bevorzugen seien große zentrale Speicher innerhalb eines Netzgebietes, idealerweise am Standort der KWK.

### ***Verschlechterung der Rahmenbedingungen für KWK***

Problematisch wird übergreifend die Entwicklung des Wärmebedarfs gesehen. Dieser kann im industriellen und gewerblichen Bereich nur noch eingeschränkt erweitert werden. Im Segment für Raumwärme verzeichnet man zwar eine steigende Anzahl von Anschlüssen, gleichzeitig jedoch einen sinkenden Wärmebedarf pro Anschluss aufgrund der höheren Energieeffizienz vieler Gebäude und in der Wärmeproduktion.

Alle Energieunternehmen haben die Sorge geäußert, der wirtschaftliche Betrieb von KWK-Anlagen könnte in Zukunft aufgrund der neuen gesetzlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen erschwert werden. Die aktuellen Überlegungen zur Belastung der Eigenstromversorgung tragen hierzu maßgeblich bei. Dabei waren zudem einige Geschäftsmodelle (z.B. Pacht- oder Contracting-Modelle) weniger betroffen als andere (Eigenversorgung mit Strom und Wärme). Allerdings steige die Amortisationszeit bei allen Modellen an, wodurch KWK gegenüber anderen Lösungen an Attraktivität einbüßt.

Der regulatorische und förderrechtliche Rahmen sollte sich derweil in eine Richtung entwickeln, bei der die Flexibilisierung der KWK und die mit flexiblen KWK-Systemen erbrachten Leistungen zur Netzstabilisierung und Integration erneuerbarer Energien honoriert werden. Unter Umständen könnte ein neues Förderregime eine Lösung sein, bei dem vor allem kleinere KWK-Anlagen mit netzstabilisierender Fahrweise pauschal pro Jahr gefördert werden. Jedenfalls darf die Flexibilisierung der Fahrweise sich nicht förderschädlich auswirken.

Ein weiterer Punkt, der von Akteuren angebracht wurde, ist die schlechte Kommunikation zwischen Netzbetreibern auf den verschiedenen Ebenen. Die zunehmende Komplexität des Energiemarktes hat die Situation dabei in den vergangenen Jahren verschärft. Besonders bezüglich des KWK- und Kraftwerksparks bräuchte es eine höhere Transparenz, um sich ein detailliertes Bild darüber zu machen, welche Erzeugungsanlagen wo am Netz sind. Die Kooperation zwischen Verteilnetz- und Übertragungsnetzbetreiber müsse sich deutlich verbessern. Ein Verhältnis auf „Augenhöhe“ sei notwendig.

### ***Das Potential dezentraler KWK***

Obwohl zentrale und dezentrale KWK insgesamt als wichtige Erzeugungstechnologien im Rahmen der Energiewende betrachtet werden, gilt das Potential zentraler Großanlagen im zweistelligen MW-Bereich als begrenzt, einen zusätzlichen Beitrag zum Gelingen der Unternehmung zu leisten. Zum einen werden große KWK-Anlagen, die meist in der Industrie zu finden sind, wärmegeführt betrieben, um für andere Produktionsprozesse Prozesswärme bereitzustellen. Eine Flexibilisierung durch den Einsatz von Wärmespeichern in diesem Bereich ist problematisch, besonders wenn Dampf gebraucht wird, da dieser bei der industriellen Nutzung eine sehr hohe Temperatur hat. Eine Speicherung bei diesen Temperaturen ist teurer, weniger effizient und meist nicht sinnvoll.

Darüber hinaus haben üblicherweise Industriebetriebe, bei denen sich KWK rechnet, bereits KWK-Anlagen in Nutzung. Gebraucht aber werden höhere, zusätzliche Kapazitäten, die sich zudem flexibel der fluktuierenden Erzeugung anpassen. Während zusätzliche KWK-Kapazitäten also in Industrie und Gewerbe höchsten zugebaut oder im Rahmen von Repowering-Maßnahmen ertüchtigt werden, wenn sich die Rahmendbedingungen für KWK substantiell verbessern, werden neue Kapazitäten bereits jetzt gebraucht. Außer der oben genannten Aufwertung der industriellen und gewerblichen

Wärmesenken durch ein Repowering der großen KWK-Anlagen, bieten sich nur noch die mittleren und kleinen KWK-Anlagen für einen Zubau an.

Für alle Energieunternehmen ist klar, dass das Netzmanagement eines der bedeutendsten Herausforderungen im zukünftigen Energiesystem sein wird und bereits heute eine neue Qualität erreicht hat. Kleinere und mittlere KWK-Anlagen werden zum Teil bereits flexibel eingesetzt, um beispielsweise die Stabilität von Verteilnetze zu wahren. Dies geschieht unter anderem durch das „Poolen“ mehrerer Anlagen zu einem virtuellen Kraftwerk und in Verbindung mit Demand-Side-Management. Einige Anlagen sind ebenfalls mit Rückkühlwerken ausgestattet worden, um im kurzzeitigen Kondensationsbetrieb fahren zu können. Diese Anlagen richten sich dann auch heute schon an den Erfordernissen des Strommarktes, sofern die Preise den Einsatz rechtfertigen.

Unter Umständen könnte es gerade für kleine Netze sinnvoll sein, eine Sondervergütung für die entkoppelte Stromerzeugung zu etablieren. Dann könnte man sich auch an den Erfordernissen des Netzes richten, wenn kein entsprechendes Preissignal vorhanden ist. KWK-Anlagen tragen durch all diese Maßnahmen erheblich zur Erhöhung der Versorgungssicherheit in den niedrigeren Netzebenen bei. Gleichzeitig erhöht sich ebenfalls die Sicherheit des Gesamtsystems.

Zu diesem Zweck setzen einige Akteure ihre KWK-Anlagen auch gezielt zur Bereitstellung von Blindleistung ein (Phasenschieberbetrieb des Synchrongenerators). Hier werden Kostenvorteile gegenüber dem Einsatz regelbarer Ortstrafos gesehen. Man geht auch davon aus, dass Lieferungen von Blindleistung an den Übertragungsnetzbetreiber in Zukunft zunehmen werden. Diese Leistungen sollten bereits heute als wichtige Systemdienstleistung vergütet werden.

Doch auch einzelne KWK-Anlagen werden zur Stabilisierung der Verteilnetze, besonders in ländlichen Bereichen eingesetzt. So sei eine KWK-Anlage, die beispielsweise über ein Power-to-Heat-System verfügt, in der Lage, bei Spitzen wie sie durch eine große Photovoltaikanlage erzeugt werden können, am Netzende für Spannungsstabilität zu sorgen. Dies geschieht dann durch die Zuschaltung der zusätzlichen Last und der Umwandlung des überschüssigen Stromes in Wärme. Wichtig wäre aber allen Energieunternehmen, dass eine Systemdienstleistung auch als solche anerkannt und vergütet wird.

Während der Beitrag dezentraler KWK zur Vermeidung des Netzausbaus auf der Ebene der Verteilnetze differenziert beurteilt wurde, bestand darüber Einigkeit, dass dezentrale KWK in ländlichen, von Übertragungsnetzen weit entfernten Netzen mit wenig Last stabilisierend wirken können. Durch das Bereitstellen gesicherter Leistung in solchen Netzen mit einem hohen Anteil fluktuierender Erzeugung könne der Ausbau des Übertragungsnetzes teilweise vermieden oder doch zumindest erheblich Druck von diesem Ausbau genommen werden.

## **4. Wirkungsweise der Anreize zur programmgesteuerten Fahrweise auf die Spannungs- und Frequenzhaltung**

### **4.1. Bestehende Anreize**

In den vergangenen Jahren sind sowohl im KWKG als auch im EEG verschiedene Anreize integriert worden, die den reinen wärmegeführten Betrieb von KWK-Anlagen verringern können und einen flexibleren, stärker stromorientierten Betrieb ermöglichen und anreizen sollen. Diese Anreize

erlauben es KWK-Anlagen, einen Beitrag zur Frequenz- und Spannungserhaltung in den Netzen zu leisten.

In diesem Zusammenhang ist in erster Linie die Förderung von Wärme- und Kältespeicher im KWKG zu nennen. Die Kombination einer KWK-Anlage mit einem entsprechenden Speicher ist die bedeutendste Voraussetzung für einen stromorientierten Einsatz einer KWK-Anlage. Speicher werden mit bis zu 30% der ansatzfähigen Investitionskosten gefördert. Ebenfalls gefördert wird die Erweiterung oder der Neubau von Wärme- und Kältenetze. Hier sind Zuschüsse in Höhe von – je nach Nenndurchmesser des gesamten Netzes – 30-40% der Investitionen möglich. Allerdings sind Ausbau oder Neubau solcher Netze oftmals trotz Förderung nicht wirtschaftlich.

Ein weiterer im KWKG enthaltener Anreiz für eine stärker stromorientierte Betriebsweise von KWK-Anlagen ist der geänderte Förderzeitraum, der früher lediglich an die Betriebsjahre der Anlage gekoppelt war. Ein Anreiz zur stärkeren Flexibilisierung der Wärmeerzeugung ist heute nicht vorgesehen. In der heutigen Version des Gesetzes besteht für Anlagen bis 50 kW<sub>el</sub> die Wahlmöglichkeit zwischen einer Förderung für den Zeitraum von 10 Betriebsjahren oder für die Dauer von 30.000 Vollbenutzungsstunden. Durch die Wahl der zweiten Förderoption wird der Anreiz erhöht, weniger Stunden im Jahr Strom zu erzeugen, dafür aber dann, wenn die Strompreise hoch und damit der Bedarf am höchsten ist.

#### **4.2. In der (EEG) Novelle angedachte Anreize**

Die geplante Novelle des EEG beschäftigt sich unter anderem mit der KWK. Die Neufassung des Gesetzes wird erheblichen Einfluss auf bestehende und neue Anlagen zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme haben.

Bezüglich potentieller Anreize, KWK-Anlagen stärker stromorientiert zu betreiben, beinhaltet der EEG-Gesetzesentwurf der Bundesregierung (April 2014) für EEG-Anlagen auf Basis biogener Energieträger (beispielsweise Biomethan) eine verpflichtende Direktvermarktung über das Marktprämienmodell. Da die meisten dieser Anlagen ebenfalls auf die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme ausgelegt sind (z.B. BHKWs), wirken sich die geplanten Änderungen des EEG auch auf die KWK aus. Darüber hinaus können einzelne Elemente aus dem neuen EEG potentielle Lösungswege für die KWK aufzeigen, wie KWK-Anlagen stärker Netzstützend und stromorientiert betrieben werden können.

Im Zusammenhang mit der EEG-Direktvermarktung beinhaltet der aktuelle Entwurf eine Managementprämie sowie eine Flexibilisierungsprämie für Regenergie und Systemdienstleistungen (Flexibilitätszuschlag nach §51 für Neuanlagen und §52 Bestandsanlagen). Ziel ist es, die Rolle der Biomasseanlagen von einem „Volumenträger“, der quasi durchgehend Strom produziert, hin zu einem „flexiblen Alleskönner“ weiterzuentwickeln. Daher werden für die Neuanlagen (>100 kW) lediglich etwa 4.000 Volllaststunden angenommen.

Künftig sollen nur noch Anlagen förderfähig sein, die ihre Stromerzeugung an den Bedürfnissen des Strommarktes ausrichten und ihre Stromerzeugung insbesondere in Stunden hoher Strompreise verlagern können. Die hierfür benötigte flexible Stromerzeugungskapazität wird dadurch sichergestellt, dass ein Förderanspruch nur noch bis zur Hälfte der theoretisch möglichen Bemessungsleistung besteht. Für darüber hinausgehende Strommengen zahlt der Netzbetreiber lediglich den jeweiligen börslichen Monatsmarktwert. Neben der Förderung für die Hälfte des erzeugbaren Stroms besteht für diese Anlagen ein Anspruch auf den Flexibilitätszuschlag.



Durch einen zusätzlichen Flexibilitätszuschlag in Höhe von 40 Euro je Kilowatt installierter Leistung und Jahr sollen Neuanlagen die durchschnittlich zu erwartenden Kosten für die Errichtung und Vorhaltung zusätzlicher flexibel verfügbarer Stromerzeugungskapazität sowie von gegebenenfalls notwendigen Speichern abgedeckt werden. Bestandsanlagen können 130 Euro je Kilowatt und Jahr für flexibel bereitgestellte zusätzliche installierte Leistung bekommen. Die Höhe des Flexibilitätszuschlags ist so bemessen, dass die Mehrkosten für die Bereitstellung flexibler Stromerzeugungskapazität im Umfang von bis zu 50 Prozent der installierten Leistung unter Berücksichtigung angemessener Vermarktungsmehrerlöse aus der Direktvermarktung des Stroms an den Strommärkten gedeckt werden können. Der Flexibilitätszuschlag wird auf die gesamte installierte Leistung in Kilowatt elektrisch bezogen. Der Flexibilitätszuschlag kann für die gesamte Förderdauer der Anlage verlangt werden.<sup>23</sup>

Trotz allem muss festgehalten werden, dass die Einführung der verpflichtenden Direktvermarktung mit der neuen Flexibilitätsprämie – besonders in Verbindung mit den niedrigeren Einspeisevergütungen und dem anvisierten Ausbaukorridor von nur 100 MW per anno für Biogasanlagen – in der Branche negativ aufgenommen werden. Doch auch wenn die vorgesehene Rechtskonstruktion in der jetzigen Form problematisch ist, könnte die Idee grundsätzlich – entsprechend angepasst auf den wirtschaftlichen Betrieb von KWK-Anlagen – Anreize für die programmgesteuerte Fahrweise der KWK geben.

Für den kurzfristigen, reinen Kondensationsbetrieb bei KWK-Anlagen, also der Stromerzeugung ohne gekoppelter Wärmeerzeugung, bestehen derzeit in keinem Gesetz oder Gesetzesvorhaben Anreize; darüber hinaus sind auch keine derartigen Anreize geplant.

## 5. Bewertung des kurzzeitigen Kondensationsbetriebs

Für die Kraft-Wärme-Kopplung ist zu unterscheiden, ob die KWK-Anlagen Fern- beziehungsweise Nahwärmenetze speisen oder sie den betrieblichen Prozess- bzw. den Komfortwärmebedarf einzelner Gebäude decken. Eine besondere KWK-Eignung liegt vor, wenn über das Jahr gleichmäßiger und hoher Wärmebedarf besteht, der durch eine immer mehr nachgefragte Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung auch in den Sommermonaten stabilisiert werden kann.

In Deutschland ist die Kraft-Wärme-Kopplung mit etwa 16% an der Wärmeerzeugung beteiligt. Jährlich werden rund 194 Terawattstunden (TWh) thermische Energie in diesen Anlagen erzeugt. Die KWK-Anlagen arbeiten selten im reinen Kondensationsbetrieb (ohne gleichzeitige Wärmeerzeugung). In anderen Ländern liegt der Anteil des Kondensationsbetriebes höher.<sup>24</sup>

Der schon bedeutende Anteil der KWK in der industriellen Energieversorgung (Strom und Dampf) kann noch teilweise gesteigert werden, obwohl das Potential in diesem Segment wie bereits angesprochen begrenzt ist. Auffallend ist vor allem die deutliche Zunahme der Stromkennzahlen (mehr Strom, dafür weniger Wärme aus der KWK-Anlage) bei Neuanlagen im Vergleich zu Altanlagen.

---

<sup>23</sup> vgl. Gesetzesentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts, April 2014, S. 48ff, 163, 168, 224f.

<sup>24</sup> vgl. Kraft-Wärme-Kopplung. Strom- und Wärmeerzeugung 2003 bis 2011, Umweltbundesamt, unter: <https://www.umweltbundesamt.de/node/12350/>, 05.05.2014.



Zu den Potenzialen der KWK in Deutschland gibt es zahlreiche Untersuchungen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Ausgehend von 91 TWh in 2011 reicht die Spannbreite für die potentielle KWK-Stromerzeugung im Jahr 2020 bis 351 TWh. Die deutliche Zunahme der Stromkennzahl bei den typischen KWK-Anlagen in Deutschland lässt auch den wirtschaftlichen Übergang in einen kurzfristigen Kondensationsbetrieb zu, was eine deutliche Relevanz für die Frequenz- und Spannungshaltung im Netz hat.<sup>25</sup>

Obwohl es zur Stabilisierung der Netze und zur weiteren Integration fluktuierender erneuerbarer Erzeugung sinnvoll ist, dass KWK-Anlagen ebenfalls im kurzzeitigen Kondensationsbetrieb gefahren werden, wird dies – in erster Linie durch den geforderten Nutzungsgrad von über 70% für Anlagen bis 2 MW– durch die derzeitigen Regelungen nicht unterstützt. Eine Flexibilisierung der KWK-Anlagen und eine stärker stromorientiert Fahrweise würden zu niedrigeren Nutzungsgraden führen, aber wahrscheinlich zu einer höheren Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen.<sup>26</sup>

So kann festgehalten werden, dass die Übernahme von Systemdienstleistungen – hier in erster Linie das Anbieten von Regelleistung – zu Effizienzeinbußen führen, sofern keine Speichermöglichkeit besteht bzw. keine Speicherkapazität mehr zur Verfügung steht. Aufgrund der Bedeutung der Regelleistung für die Netzstabilität, die in Zukunft mit der weiteren Zunahme fluktuierender Erneuerbarer steigen wird, erscheinen die Effizienzeinbußen hinnehmbar. KWK-Betreiber nutzen dies nur in sehr begrenztem Maße, da mit dem Verlust der Hocheffizienz ein Verlust der Förderungswürdigkeit der KWK-Anlage einhergeht.

Dies bedeutet nicht das Ende der effizienten gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme. Es erscheint jedoch sinnvoll, dass KWK-Anlagen auch dann in der Lage sein müssen Strom zu liefern, wenn das System eine stabilisierende Stromeinspeisung braucht und der Wärmespeicher voll ist bzw. keine Wärme gebraucht wird. Um KWK-Anlagen auf diese Art zu nutzen, sind unter anderem entsprechende Preissignale oder lastenvariable Prämien notwendig.

Simulationen haben gezeigt, dass nicht nur die Bereitstellung von positiver, sondern ebenfalls von negativer Regelleistung lohnenswert sein kann – entsprechende Rahmenbedingungen vorausgesetzt. So kann das Anbieten von negativer Minutenreserve (z.B. über eine Wärmepumpe oder „Power-to-Heat“) wirtschaftlicher für KWK-Anlagen sein als die Bereitstellung positiver Minutenreserve. Ursache hierfür sind die verminderten KWK-Laufzeiten bei positiver Minutenreserve, da diese nur selten abgerufen wird. Die positive Minutenreserve kann für KWK-Anlagen besonders in Phasen mit geringem Wärmebedarf wirtschaftlich interessant sein (im Sommer beispielsweise).<sup>27</sup>

Dabei ist natürlich klar, dass lediglich die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme mittels KWK-Zuschlag gefördert werden darf. Allerdings erscheint es sinnvoll, den kurzzeitigen reinen Kondensationsbetrieb, beispielsweise zur Stützung der Netze, zu ermöglichen, ohne dass dies die sonstige Förderung der gekoppelten Erzeugung in Gefahr bringt. Hierzu müssten ein Großteil der heutigen KWK-Anlagen mit den erforderlichen Wärmespeichern oder gegebenenfalls mit entsprechenden Rückkühlwerken nachgerüstet werden.

---

<sup>25</sup> vgl. Ebd.

<sup>26</sup> vgl. Ritter, Peter (Anm. 12), S. 4.

<sup>27</sup> vgl. Ebd.

## 6. Auswirkungen der Neufassung des EEG und des KWKG

Das EEG und das KWKG sind die in Deutschland wichtigsten Gesetze für die KWK. Sie definieren die bedeutendsten Rahmenbedingungen und Instrumente für den wirtschaftlichen Betrieb hocheffizienter zentraler und dezentraler KWK-Anlagen. Die Ausgestaltung beider Gesetze entscheidet darüber, ob die KWK weiterhin einen erheblichen Beitrag zur ökologischen Energiewende leisten und ihre kompletten Vorteile zum Gelingen dieser gesamtgesellschaftlichen Aufgabe ausspielen wird oder nicht.

Das 2002 in Kraft getretene KWKG wurde bereits zwei Mal – in 2009 und 2012 – novelliert. Die eingeführten Neuerungen führten einige wichtige Änderungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der Flexibilisierung der KWK ein. So sind nicht nur die festen KWK-Prämien gegenüber den Vorgängerversionen erhöht worden. Viel bedeutsamer sind hier die Einführung einer Förderung für Speicher und Netze sowie eine Aufhebung des maximalen Förderzeitraumes zu nennen. Durch die Aufhebung der festen Verknüpfung zwischen Förderung und Betriebsjahre und die Erweiterung auf eine bestimmte Anzahl von Betriebsstunden wird der flexiblere Einsatz von KWK-Anlagen nicht länger bestraft (gefördert wird der KWK-Betrieb entweder 10 Jahre oder 30.000 Vollbenutzungsstunden). Denn: Der flexible Einsatz der KWK geht meist mit geringeren Jahresnutzungsstunden einher, kann aber insgesamt wirtschaftlicher sein und versetzt die KWK in die Lage, effizient und zuverlässig Systemdienstleistungen zu erbringen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Novellierung des KWKG in 2012 deutliche Verbesserungen für die KWK gebracht hat, besonders bezüglich einer Flexibilisierung des Betriebs von KWK-Anlagen. Bei der kommenden Novelle des KWKG sollte über eine Flexibilisierung des KWK-Zuschlags nachgedacht werden. Hierbei würde sich ein flexibler KWK-Zuschlag am Marktpreis richten und ein entsprechendes Steuerungssignal aussenden.<sup>28</sup>

In dieser Hinsicht ist die anvisierte Novelle des EEG für die KWK allerdings durchaus problematisch und könnte einen Rückschritt bedeuten. In erster Linie wäre die KWK durch die geplante Belastung der Eigenstromnutzung mit der EEG-Umlage betroffen.

Dem Kabinettsbeschluss der Bundesregierung können folgende Vorhaben entnommen werden:

- Die Eigenstromerzeugung in KWK- und erneuerbare Energien-Anlagen soll an den Ausbaurkosten der erneuerbaren Energien grundsätzlich beteiligt werden. Bei einer Eigenstromerzeugung in Neuanlagen muss die EEG-Umlage grundsätzlich in vollem Umfang gezahlt werden.
- Dieser Betrag reduziert sich bei neuen Erneuerbare-Energien- und KWK-Anlagen sowie neuen Kuppelgasnutzungen um 50 %, für Unternehmen des produzierenden Gewerbes um 85%.
- Von der EEG-Umlage vollständig befreit sind nur Anlagen im vollständigen Inselbetrieb, bei denen zu keinem Zeitpunkt Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung genutzt wird.
- Für Altanlagen gilt der Bestandsschutz.
- Es wird eine Bagatellgrenze eingeführt: Anlagen mit einer installierten Leistung von höchstens 10 kW müssen für eine jährliche Stromerzeugung von höchstens 10.000 kWh keine EEG-Umlage zahlen.

---

<sup>28</sup> vgl. Kaestle, Gunnar: Blockheizkraftwerke als flexible Erzeugungskapazitäten und ihre Möglichkeiten der Systemdienstleistungen, Institut für Elektrische Energietechnik, Vortrag im Rahmen der Fachtagung „Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der zukünftigen Energieversorgung“ in Freiburg am 21.03.2013, S. 21ff.

- Der Kraftwerkseigenverbrauch wird nicht belastet.<sup>29</sup>

Die Belastungen für die KWK aus den obigen Vorhaben sind nicht zu unterschätzen. Dies liegt in erster Linie daran, dass die Nutzung von Eigenstrom in erheblichem Maße zum wirtschaftlichen Betrieb der meisten KWK-Anlagen beiträgt. Zwar liegt der Anteil des selbst erzeugten und genutzten KWK-Stroms „nur“ bei rund 28,6%<sup>30</sup>, doch bewirkt – wie oben gezeigt – die im Vergleich zur KWK-Förderung (über KWKG) ungleich höhere EEG-Umlage einen viel bedeutenderen Vorteil. Fiele dieser weg, würden dringend neue Geschäfts-, Betriebs- und Vermarktungsmodelle für KWK notwendig, damit die Anlagen wirtschaftlich betrieben werden können.

In welcher Form die oben genannten Eckpunkte Eingang in das neue EEG finden, ist indes noch nicht klar. Während sich im Referentenentwurf vom März 2014 noch keine Regelungen zu diesem Thema fanden, sieht der Gesetzesentwurf der Bundesregierung prinzipiell die Belastung des selbstgenutzten Eigenstroms mit der EEG-Umlage für Neuanlagen vor. Ausnahmen werden jedoch gewährt für Anlagen, die mit erneuerbaren Energien laufen sowie für hocheffiziente KWK (50% und 85% der EEG-Umlage, siehe oben).

Durch die angedachten zusätzlichen Belastungen der anstehenden EEG-Novelle besteht eine ernsthafte Gefahr, dass die derzeitigen Betriebs- und Geschäftsmodelle von KWK-Anlagen unwirtschaftlich werden. Ein weiterer Ausbau der KWK, wie es erklärtes Ziel der Bundesregierung ist, wäre nicht möglich. Der weiteren Erschließung der KWK-Potentiale als Unterstützung bei der Integration erneuerbarer Energien, vor allem zur Stabilisierung der Netze durch das Anbieten von Systemdienstleistungen, wäre ein Riegel vorgeschoben.

Losgelöst von den fachlichen und technischen Vorteilen, die die KWK bietet, belastet besonders die Erweiterung der EEG-Umlage auch auf den Eigenstrom die Rentabilität der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Nach dem bisherigen Entwurf der diesbezüglichen Regelungen ist durch die EEG-Novelle beabsichtigt, den selbst erzeugten und selbst genutzten KWK-Strom mit 50% der EEG-Umlage zu belasten. Dies wären aktuelle 3,12 ct/kWh. In Ergänzung wird die Vergütung insbesondere der nachwachsenden Rohstoffe gestrichen. Hierzu entfallen nach heutigem Stand die Einsatzvergütungsklassen I und II und der Gasaufbereitungsbonus.

Die drastische Reduzierung der Wirtschaftlichkeit durch die EEG-Umlage auf die Eigenstromlösungen halbiert die Rentabilität der KWK-Energieumwandlung. Insbesondere bei Contracting-Modellen wird der Vorteil für den Betreiber nur noch bei rund 3% gegenüber dem Netzbezug liegen, was den Zubau von KWK-Anlagen zu Erliegen bringen könnte. Diese Absenkung des Kundenvorteils gegenüber dem Netzbezug stabilisiert die zentralen Erzeugungsstrukturen durch vermehrten Netzbezug und ermöglicht keinen signifikanten Aufbau der Energieerzeugung durch KWK-Anlagen. Eine vergleichbare Minderung der Kundenvorteile gegenüber dem Netzbezug betrifft auch die weiteren Geschäftsmodelle wie das Pachtmodell oder die Eigenrealisierung. Hiermit wird der politisch gewollte Zubau der KWK-Anlagen auf mindestens 25% ad absurdum geführt und die Chance vertan, Wärme und Strom hocheffizient zu erzeugen und ortsnahe einzusetzen. Dabei wird oftmals

---

<sup>29</sup> vgl. Gesetzesentwurf der Bundesregierung (Anm. 23), S. 152f.

<sup>30</sup> vgl. Horst, Juri: KWK-Eigenerzeugung in der Energiewende Analyse und Bewertung der Eigenerzeugung mit KWK in Bezug auf die aktuell diskutierten Änderungsvorschläge vor dem Hintergrund und unter den Perspektiven einer Politik zur konsequenten Umsetzung der Energiewende. Endbericht, Institut für ZukunftsEnergieSysteme, Saarbrücken 2014, S. 4f.

vernachlässigt, dass der Eigenverbrauch von Strom die Allokation von Stromquellen unmittelbar an den Stromsenken anreizt, den Transportbedarf minimiert und dadurch helfen kann, den zeitlichen Druck auf den Ausbau des Übertragungsnetzes zu senken.

Des Weiteren werden die durch die KWK erbrachten Systemdienstleistungen zur Netzstabilisierung nicht adäquat honoriert. Dadurch wird die zwingend erforderliche Integration der volatilen erneuerbaren Energien aus Sonne und Wind erschwert. Der Verzicht auf die durch die KWK-Anlagen mögliche Regelleistung fordert an anderer Stelle hohe Investitionen und verringert die zügige Umsetzung der Ziele der Energiewende. Dieser Umstand wird oftmals nicht in Betracht gezogen, wenn über volkswirtschaftliche Ineffizienzen und Verzerrungen gesprochen wird, die durch eine unterschiedliche Abgabenlast auf Selbstverbrauch und Fremdbezug hervorgerufen wird.<sup>31</sup> Gerade die Entlastung des Eigenverbrauchs eröffnet den Raum für ein flexibles netzdienliches Verhalten regelbarer dezentraler KWK-Anlagen, was aber gerade auch die netzstützende Einspeisung von KWK-Strom bei einem Frequenzrückgang bedeutet. Diese volkswirtschaftlichen Vorteile sind – neben den unbestrittenen technischen Vorteilen, wie unter anderem die substantiell höhere Effizienz und die lastschwerpunktsnahe Erzeugung – zu berücksichtigen.

Zudem wird durch die Reduzierung der Wirtschaftlichkeit bestehender KWK-Geschäftsmodelle der Wechsel vom Stromspeicher zum Wärmespeicher, den die Kraft-Wärme-Kopplung idealerweise vorantreiben kann, behindert und somit ein ökonomisch und ökologisch sinnvoller Beitrag zur Integration der – insbesondere volatilen – erneuerbaren Energien sowie zur dezentralen Energieversorgung erschwert.

Darüber hinaus ist die beabsichtigte Bagatellgrenze von nur 10 kW<sub>el</sub> und nur für die ersten 10.000 kWh so ausgerichtet, dass hoch effektive Lösungen mit einer gemeinschaftlichen Nutzung einer kollektiven KWK-Anlage nicht mehr realisiert und Kooperationsmodelle zum intelligenten Zusammenschalten passender Strom- und Wärmeverbraucher ausgeschlossen werden. Nebenbei wird durch diese Regelung die ökologisch ratsame Energieerzeugung in KWK-Anlagen gegenüber der reinen Stromerzeugung in PV- oder Wind-Anlagen erheblich benachteiligt.

Beispielrechnung und validierte Abgleiche mit bestehenden sowie geplanten KWK-Anlagen zeigen, dass nur unterhalb einer Belastungsgrenze von maximal 15% der EEG-Umlage auf den Eigenstromverbrauch eine Mindestwirtschaftlichkeit gegeben ist. Darüber hinaus muss für bestehende Anlagen der Bestandsschutz wie vorgesehen beibehalten werden. Eine höhere Belastung der Eigenstromerzeugung in KWK-Anlagen jeder Größenkategorie schließt den gewünschten und notwendigen Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung aus. Zudem sollte KWK-Strom, der im räumlichen Zusammenhang verbraucht wird, immer von Umlagen befreit werden.

Es kann zudem davon ausgegangen werden, dass der weitere Zubau von KWK – nach einem kurzfristigen „Run“, um sich möglicherweise die alten Förderbedingungen zu sichern – bis zu einem eventuellen Gegensteuern über eine Novelle des KWKG zum Erliegen kommen würde. Dabei wird die Bereitstellung von Systemdienstleistungen in Zukunft besonders von regelbaren Technologien wie der flexiblen KWK abhängen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Fortschritte, die in dieser Hinsicht durch die KWKG-Novelle von 2012 erreicht wurden, nicht auf der anderen Seite durch die EEG-Novelle zunichte gemacht werden.

---

<sup>31</sup> vgl. Bardt, Hubertus / Growitsch, Christian, et al. (Anm. 8), S. 6.

## 7. Die Vorteile der KWK: Stabilisierung der Netze sowie Integration erneuerbarer Energien

Die gesetzlichen und regulatorischen Neuregelungen dürfen zu keiner neuen Belastung der KWK in Deutschland führen. Zum einen würde dies zu einer direkten Gefährdung des Ausbauzieles von 25% KWK-Anteils führen, zum anderen würde eine Belastung konträr zum Vorhaben wirken, die Netze stabil zu halten und die fluktuierende erneuerbare Energie aus Wind und Sonne in das System zu integrieren – eine Voraussetzung, um die Energiewende erfolgreich zu meistern.

KWK-Anlagen sind technisch in der Lage, die gesamte Palette an Systemdienstleistungen anzubieten. Sie können sich sowohl mit positiver als auch negativer Regelernergie an der Stabilisierung der Netze beteiligen und können neben Blindleistung ebenfalls Momentanreserve (rotierenden Masse am Netz) sowie gesicherte Kapazität bereitstellen. Der konkrete Beitrag zentraler und dezentraler KWK an den Regelenergiemärkten kann gegenüber dem durch konventionelle fossile Kraftwerke geprägten Markt mit deutlichen Vorteilen verbunden sein.

### *Regelernergie und Blindleistung*

Bei der Bereitstellung von Regelernergie kann der Einsatz zentraler und dezentraler KWK helfen, die Kosten der Regelernergie zu dämpfen. Zwar bieten auch KWK-Anlagenbetreiber sowohl Leistung als auch Arbeit preisoptimiert im wettbewerblich organisierten Regelenergiemarkt an, doch können besonders aktuelle Preistrends beim Leistungspreis durch KWK abgefedert werden.

In diesem Zusammenhang ist auf die Entwicklung im Markt für negative Regelernergie hinzuweisen. In diesem Marktsegment besteht ein Trend zu höheren Leistungspreisen, da Großkraftwerke, die sich normalerweise über die Grenzkosten am Spot-Markt refinanzieren aufgrund der hohen Einspeisung erneuerbarer Energien nur wenige Stunden laufen und lediglich niedrige Strompreise erzielen können. Diese Kraftwerke bieten nun oft im Markt für negative Regelernergie mit hohen Leistungspreisen, um sich auf diese Art einen Teil der entgangenen Einnahmen zurückzuholen. Flexible KWK hat – zumindest im Segment der negativen Regelernergie – das Potential, diesen Trend hin zu höheren Leistungspreisen abzubremesen.

Auch der Arbeitspreis könnte durch verstärkten Einsatz von KWK gesenkt werden. Erneut besteht besonders für die negative Regelernergie hohes Potential. Zurzeit muss ein Gewerbebetrieb, das die zur Eigennutzung betriebene KWK-Anlage zusätzlich im Regelenergiemarkt anbietet unter Umständen mit Belastungen durch den Abruf der negativen Regelernergie rechnen. Dann kann die dabei entstehende Bedarfsspitze nachweislich Auswirkungen auf die für die Netzentgeltberechnung relevanten Jahreshöchstlast haben und zu höheren Netzentgelten führen. Diese zusätzlichen Kosten aufgrund der deswegen erhobenen Netzentgelte können die potentiellen Einnahmen durch die Teilnahme am Regelenergiemarkt sogar deutlich übersteigen.<sup>32</sup> Es erscheint wenig konsistent, dass eine Stromabnahme im Rahmen der negativen Regelernergie<sup>33</sup>, die dazu dient, das Netz zu stabilisieren oder einen Überschuss an erneuerbaren Energie aufzunehmen, Netzkosten verursachen soll. Vielmehr ist das Gegenteil der Fall. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Bereitstellung

---

<sup>32</sup> vgl. „Stellungnahme des Bundesverbandes Erneuerbare Energien zum Entwurf der Änderungen der Stromnetzentgeltverordnung vom 10. April 2013“, Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Berlin 2013, S. 3.

<sup>33</sup> Im Übrigen sollte die Befreiung von den Netzentgelten nicht nur bei der Regelernergie, sondern auch bei Redispatch und Einspeisemanagement gelten.

von Regelenergie durch konventionelle Kraftwerke nicht mit solchen Kosten belastet wird, was eine klare Diskriminierung der durch KWK erbrachten Systemdienstleistung bedeutet.<sup>34</sup>

Darüber hinaus ist beispielsweise die bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom und Wärme am Lastschwerpunkt unter den wichtigsten Vorteilen – vor allem der hocheffizienten dezentralen KWK – zu nennen. Neben der stabilisierenden Wirkung auf der Verteilnetzebene, sind regelbare KWK-Systeme am Lastenschwerpunkt in der Lage, vom Übertragungsnetzbetreiber angeordnete, teure Redispatch-Maßnahmen zu minimieren. Gerade angesichts der steigenden dezentralen, jedoch nicht regelbaren Einspeisung erneuerbarer Energien wie Wind und Sonne sind Abweichungen von der Merit-Order oder aufgrund von Netzengpässen immer häufiger. Lokale flexible KWK-Anlagen können durch die netzgeführte Strombereitstellung – notfalls im kurzfristigen Kondensationsbetrieb – dabei unterstützen, die Eingriffe zu minimieren. Diese Eingriffe kosteten den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern in 2012 rund 165 Mio. Euro, die dann entsprechend über die Netzentgelte auf den Endverbraucher umgelegt wurden. Im Jahr 2011 lagen die Kosten für solche Eingriffe noch bei 42 Mio. Euro.<sup>35</sup>

Neben Redispatch-Maßnahmen verringert sich durch den Einsatz von KWK-Systemen (Wärmespeicher plus z.B. „Power-to-Heat“) ebenfalls die ungewollte Abregelung regenerativer Anlagen. Dies passiert einerseits durch die Möglichkeit, bei einem Überangebot an Strom zusätzliche Last anzubieten. Andererseits aber können flexible KWK-Systeme vor allem auch die Integration erneuerbarer Energien durch die Substitution des konventionellen Must-Run-Sockels vorantreiben. Denn abgesehen von Netzengpässen werden heute erneuerbare Anlagen aufgrund des unflexiblen Must-Run-Sockels abgeregelt.

Must-Run-Sockel	Anteil erneuerbarer Energien im Stromversorgungssystem					
	40%	60%	68%	73%	95%	100%
0 GW	0%	-1%	-2%	-4%	-13%	-16%
5 GW	0%	-1%	-3%	-4%	-13%	-16%
10 GW	0%	-2%	-4%	-5%	-14%	-17%
15 GW	-1%	-5%	-7%	-8%	-16%	-19%
20 GW	-4%	-10%	-11%	-12%	-19%	-22%

Tabelle 3: Abregelung erneuerbarer Energien und Must-Run-Sockel; Quelle: Eigene Darstellung nach Sensfuß, Frank: Herausforderungen für Stromversorgungssystem bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien, Impulsvortrag vom 12.07.2012, S. 9.

Bei diesem konventionellen Must-Run-Sockel handelt es sich beispielsweise um unflexible Kohlekraftwerke. Diese können aus technischen Gründen nur bis zu einem bestimmten Grad (z.B. 60%) ihre Leistung runterfahren und ziehen es aus Kostengründen (hoher Verschleiß besonders bei Grundlastkraftwerken) vor, auch bei negativen Strompreisen „durchzufahren“. Da viele dieser konventionellen Anlagen aufgrund der erbrachten Systemdienstleistungen als systemrelevant gelten und nicht vom Netz genommen werden dürfen, werden stattdessen erneuerbare Anlagen abgeregelt. Würde man den konventionellen Must-Run-Sockel durch flexible systemdienliche KWK-Systeme ersetzen, wäre das Abregeln erneuerbarer Energien erst ab einem Anteil von ca. 70% ein

<sup>34</sup> vgl. Bier, Christoph: Industrial Smart Grids. Wirtschaftliche Anreize zur Netzstabilisierung durch industrielle Verbraucher, VIK-Positionspapier, VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., Essen 2012, S. 4.

<sup>35</sup> vgl. Bundesnetzagentur / Bundeskartellamt: Monitoringbericht 2013. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i.V.m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i.V.m. §53 Abs. 3 GWB, Bonn 2013, S. 74.

dringendes Thema. Tabelle 3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Höhe des konventionellen Must-Run-Sockels und der Abregelung erneuerbarer Anlagen abhängig vom Gesamtanteil erneuerbarer Energien im Stromnetz (Basis der Daten ist das Wetterjahr 2007).<sup>36</sup>

Darüber hinaus können KWK-Anlagen als Synchrongeneratoren auch helfen, kritische Spannungssituationen zu entschärfen, indem sie Blindleistung bereitstellen oder sogar im Extremfall im Phasenschieberbetrieb<sup>37</sup> eingesetzt werden. Während ein Betrieb als Phasenschieber im Rahmen bilateraler Verträge zwischen Anlagenbetreiber und Netzbetreiber geregelt wird und auf Wunsch des letzteren geschieht, wird die Bereitstellung von Blindleistung in der Regel nicht vergütet. Dabei kann Blindleistung besonders in Netzen mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien zur Stabilität beitragen und teure Eingriffe – wie Redispatch oder Einspeisemanagement – vermindern helfen.

Es ist bedauerlich, dass die systemdienliche Fahrweise zentraler, aber eben auch dezentraler KWK-Anlagen, die einen wesentlichen Beitrag zur Integration erneuerbarer Energien und zum Erhalt der Versorgungssicherheit leisten oftmals nicht entsprechend gewürdigt wird. So ist es bezeichnend, dass selbst in aktuellen Untersuchungen zum Thema dezentrale KWK-Lösungen unerwähnt bleiben.<sup>38</sup> Ohne flexible KWK und ohne Erreichung des KWK-Ausbauziels ist indes die Energiewende auch im Sinne einer Systemintegration der erneuerbaren Energien nicht zu schaffen. Die operative Umsetzung wird in regionalen Netzstrukturen mehrfach in Deutschland nachgewiesen. So können regelbare Ortstrafos kostengünstiger durch KWK-Anlagen ersetzt und zusätzlich weitere Systemvorteile generiert werden.<sup>39</sup>

### ***KWK und Netzausbau***

Bei intelligenter Einbindung kann die Bereitstellung von Blindleistung durch KWK-Anlagen in einem von fluktuierenden Erneuerbaren geprägten Verteilnetz auch zu einer Verringerung des Netzausbaus führen. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn Netzausbaumaßnahmen mit dem Ziel der Erhaltung der Spannungsqualität notwendig wären.<sup>40</sup> Laut der Deutschen Energieagentur (dena) müssen allein in Bayern aufgrund der Energiewende bis 2030 rund 4,7 Mrd. Euro investiert werden – bundesweit sogar 27,5 Mrd. Euro. Zentrale und dezentrale KWK könnten einen Teil dieser Investitionen unnötig machen. Die dena schätzt, dass die gezielte Blindleistungsbereitstellung zur Spannungsregelung – zusammen mit anderen innovativen Netztechnologien – zu einer Verringerung der notwendigen Netzinvestitionen in den Mittel- und Niederspannungsnetzen um bis zu 50% führen kann.<sup>41</sup>

Auch bei der Entlastung höherer Netzebenen können zentrale und dezentrale KWK-Systeme einen Beitrag leisten. Dies erreichen sie in erster Linie dadurch, dass sie Systemdienstleistungen wie Regelenergie lokal erbringen können und seltener auf Leistungen der Übertragungsnetzbetreiber

---

<sup>36</sup> vgl. Sensfuß, Frank: Herausforderungen für Stromversorgungssystem bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Impulsvortrag, Plattform Erneuerbare Energien AG Interaktion, Berlin 12.07.2012, 9.

<sup>37</sup> Zu beachten ist jedoch, dass der reine Phasenschieberbetrieb in KWK-Anlagen mit einer sehr hohen mechanischen Belastung verbunden sein kann.

<sup>38</sup> siehe beispielsweise die aktuelle Studie der Deutschen Energie-Agentur (Hrsg.): dena-Systemdienstleistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien, Berlin 2014.

<sup>39</sup> Siehe beispielsweise Netzbetrieb Stadtwerke Schwäbisch-Hall, eigene Recherche.

<sup>40</sup> vgl. Bayerischer Industrie- und Handelskammertag BIHK e.V. / Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - VBEW (Hrsg.): Energienetze in Bayern. Handlungsbedarf bis 2022, Oktober 2013, S. 49.

<sup>41</sup> vgl. Deutsche Energie-Agentur: dena-Verteilnetzstudie. Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlin 2012, S. 31.

zurückgegriffen werden muss. Sofern der gezielte Ausbau der KWK in einer Region dazu dient, untere Netzebenen selbstständiger zu machen, könnte sogar erheblicher Druck vom Ausbau des Übertragungsnetzes genommen werden. Bezüglich des Hoch- und Höchstspannungsnetzes schätzten die Übertragungsnetzbetreiber die notwendigen Investitionen auf bundesweit rund 19-23 Mrd. Euro, im Extremfall sogar 27 Mrd. Euro bis 2032.

### *KWK als gesicherte Leistung und Netzreserve*

In Fällen in denen der Ausbau des Übertragungsnetzes den schwindenden konventionellen Kapazitäten geschuldet ist, könnte durch KWK sogar auf Netzausbau verzichtet werden. Dies gilt insbesondere für die sinkenden Kapazitäten (gesicherte Leistung) in ländlichen Regionen, wie beispielsweise in Bayern oder im Nordosten Deutschlands. Dort sind konventionelle Kraftwerke einerseits durch den Einfluss erneuerbarer Energien unwirtschaftlich und drohen deshalb den Markt unfreiwillig zu verlassen. Zudem ist Bayern durch den Ausstieg aus der Kernenergie besonders stark betroffen. Nach 2022, wenn das letzte Kernkraftwerk vom Netz geht, wird Bayern nicht nur 23% der heutigen Erzeugungskapazität verloren haben, sondern auch 46% der gesicherten Leistung, die wetterunabhängig nach Bedarf Strom erzeugen kann. Bereits heute müssen Reservekapazitäten durch die ÜNBs im Gigawattbereich vorgehalten werden, Tendenz steigend. Für den Winter 2012-2013 beispielsweise wurde eine Netzreserve von über 2,5 GW für den Notfall bereitgehalten, ein Jahr zuvor waren es noch 1,3 GW. Der überwiegende Teil war derweil für Süddeutschland vorgesehen (TenneT: knapp 2 GW).<sup>42</sup>

Anfang Mai gab die Bundesnetzagentur bekannt, dass für den Winter 2014/2015 Reservekraftwerke mit einer Erzeugungsleistung von über 3 GW benötigt werden. Für die darauffolgenden Winter 2015/2016 sowie 2016/2017 werden sogar 6 GW bzw. 7 GW benötigt werden.<sup>43</sup> Die Kosten für die Netzreserve werden auf die Netzentgelte umgelegt.

Flexible KWK-Kapazitäten können bei der Schließung der vorhersehbaren Erzeugungslücke vor allem im Süden Deutschland helfen, zumal die pünktliche Umsetzung vieler hierfür notwendiger Netzprojekte aufgrund mangelnder Akzeptanz sowie schwankender politischer Unterstützung ungewiss ist. Die KWK als tragende Säule eines Alternativplans zum vorgesehenen Netzausbau wäre angebracht, volkswirtschaftlich günstiger und gesellschaftlich leichter zu akzeptieren. Auf den Ausbau der Übertragungsnetze zu warten, kann aus zeitlichen Gründen riskant sein und ist auch unter dem Aspekt der Systemstabilität nicht so robust, wie ein räumlicher Zusammenhang zwischen Stromquellen und -senken.

Jedenfalls ist ein KWK-basierter-Lösungsansatz einem in der Presse zeitweise diskutierten Ansatz rund um mögliche „staatliche Reservekraftwerke“<sup>44</sup> aus wirtschaftlichen, ökologischen und den liberalisierten Energiemarkt betreffenden Gründen zu bevorzugen. Anstatt konventionelle Reservekraftwerke weiter künstlich am Markt zu erhalten oder neue konventionelle Kraftwerke zu

---

<sup>42</sup> vgl. Bayerischer Industrie- und Handelskammertag BIHK e.V. / Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - VBEW (Hrsg.): (Anm. 40), S. 35, 39.

<sup>43</sup> vgl. „Bundesnetzagentur bestätigt den Reservekraftwerksbedarf für das Winterhalbjahr 2014/2015 und die Jahre 2015/2016 und 2016/2017, Pressemitteilung der Bundesnetzagentur, Bonn, 2. Mai 2014, unter: [http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2014/140502ReserkrftwerksbedarfWinter2014\\_2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2014/140502ReserkrftwerksbedarfWinter2014_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3), 05.05.2014.

<sup>44</sup> vgl. „Staatskraftwerk aus Angst vor Blackouts geplant“, Die Welt Online, unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/energie/article126769283/Staatskraftwerk-aus-Angst-vor-Blackouts-geplant.html>, 15.04.2014.



bauen, sollten zusätzliche KWK-Erzeugungskapazitäten in der Nähe vorhandener Wärmesenken aufgebaut werden. Gerade in Bayern und Baden-Württemberg werden zusätzliche regelbare und gesicherte Stromerzeugungskapazitäten dringend gebraucht, um das Nord-Süd-Ungleichgewicht im Stromversorgungssystem auszugleichen.

### *Andere Vorteile zentraler und dezentraler KWK*

Die Substitution konventioneller Erzeugung mit zentralen und dezentralen KWK-Anlagen – auch jenseits der Regelenergie oder der gesicherten Leistung – kann aufgrund der höheren Effizienz der gekoppelten Erzeugung zu einem geringeren Verbrauch von Primärenergie führen. Nicht selten bewegen sich die Primärenergieeinsparungen im Bereich von 17-20% (im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme). Selbst im reinen Kondensationsbetrieb können moderne KWK-Anlagen mindestens gleichwertige, zum Teil bessere Wirkungsgrade erreichen als große Bestandskraftwerke.

Damit zusammenhängend sind ebenfalls die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen geringer. Dies gilt besonders für erdgasbefeuerte KWK-Anlagen, die CO<sub>2</sub>-neutral ebenfalls mit Biomethan betrieben werden können. Hier sind durch KWK Einsparungen in einer Größenordnung von 22-31% möglich.

Darüber hinaus können dezentrale KWK-Anlagen bei der Substitution konventioneller Erzeugung die notwendig vorzuhaltende Leistung erheblich reduzieren, erst recht, wenn die Anlagen in Verbindung mit Wärmespeicher und beispielsweise Power-to-Heat-Systemen verwendet werden. Wie oben erwähnt, können dabei 100 MW dezentrale KWK rund 14 MW konventionelle Regelleistung obsolet machen.<sup>45</sup> Dabei hat die dezentrale KWK-Leistung den zusätzlichen Vorteil, die Häufigkeit der notwendigen Start-und-Stopp-Vorgänge deutlich zu reduzieren, die bei Großkraftwerken zum vorzeitigen und kostspieligen Verschleiß von Kraftwerksteilen – und damit zu einer verkürzten Lebensdauer und höheren Kosten – führen können.

Gerade die dezentrale KWK hat gegenüber konventionellen zentralen Großkraftwerken den Vorteil, sich besser in das sich abzeichnende neue Versorgungssystem zu fügen, das – wie von der Bundesnetzagentur skizziert<sup>46</sup> – von weitestgehend unabhängigen Netz-„Zellen“ geprägt sein könnte. In einem solchen schwächeren Verbundnetz würde die Rolle der einzelnen Verteilnetzbetreiber gestärkt, auch was ihre Verantwortung für die Stabilität ihres jeweiligen Netzes angeht. In diesen von dezentralen und fluktuierenden erneuerbaren geprägten Zellen wären selbst kleine KWK-Anlagen und Verbünde systemrelevant. Hier würden die Stärken von regelbaren KWK-Systemen voll ausgeschöpft.

Zudem wäre die Versorgungssicherheit in solchen Zellen nicht zwangsläufig niedriger als im Verbundnetz. Denn wie oben bereits erläutert kann steigende Dezentralität zu einer höheren Versorgungssicherheit führen, wenn das Zuverlässigkeitsniveau der einzelnen dezentralen Anlagen höher ist als die der zentralen Großkraftwerke, die sie ersetzen. Geht man davon aus, dass es sich bei den meisten dezentralen KWK-Anlagen um BHKWs handeln dürfte, wäre mit einer im Vergleich höheren Sicherheit zu rechnen, denn während die Ausfallrate solcher KWK-Anlagen in Deutschland bei rund 1,6%<sup>47</sup> liegt, wird die Ausfallrate von Kohlekraftwerke (6% bei Stein- und 6,5% bei

---

<sup>45</sup> vgl. von Roon, Serafin (Anm. 6), S. 12.

<sup>46</sup> vgl. Bundesnetzagentur: „Smart Grid“ und „Smart Market. Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems, Bonn 2011, S. 34f.

<sup>47</sup> vgl. von Roon, Serafin: (Anm. 6), S. 7.

Braunkohle) oder Kernkraftwerke (5,5%) von den Übertragungsnetzbetreibern deutlich höher veranschlagt.<sup>48</sup>

## 8. Zusammenfassung und Fazit

Mit fortschreitender Energiewende wird sich die Rolle der KWK verändern. In einem von zentralen, mit fossilen Energien befeuerten Kraftwerken dominierten Energiesystem standen zu Beginn vor allem die geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen der kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme im Mittelpunkt des KWK-Ausbaus. Mit steigendem Anteil CO<sub>2</sub>-armer oder gar CO<sub>2</sub>-freier Technologien wird dieser Vorteil mittelfristig (ab 2020) zunehmend geringer.<sup>49</sup> Dafür steigt in einem von erneuerbaren Energien geprägten Energieversorgungssystem die Bedeutung anderer Charakteristika der KWK. Im Mittelpunkt werden dabei – neben der weiterhin wichtigen Hocheffizienz der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme, auch aus biogenen Brennstoffen – die wertvollen Systemdienstleistungen stehen, die helfen können, die Netze zu stabilisieren (Frequenz- und Spannungserhaltung), die Versorgungssicherheit aufrechtzuerhalten (Deckung der Residuallast und Vorhaltung gesicherter Leistung/Kapazität) und den Druck vom massiven Ausbau der Übertragungs- und Verteilnetze (durch verbrauchernahe Anlagenstandorte) zu mindern.

Im Wesentlichen sollten die Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen folgendes berücksichtigen, um einen wirtschaftlichen, flexiblen und systemstabilisierenden Betrieb zu ermöglichen:

- Reform des Regelenenergiemarktes, um zum einen kleineren und zum anderen auch witterungsabhängigen Anlagen eine Partizipation an diesem Marktsegment zu ermöglichen. Das derzeitige Marktdesign für Regelenenergie ist zu einer Zeit konzipiert worden, als fossil befeuerte, zentrale Großkraftwerke dominierten, deren Verfügbarkeit über Tage bis Wochen abschätzbar war. Entsprechend ist das Marktdesign für solche Kraftwerke entworfen worden und begünstigt sie. Der Energiemarkt wird zukünftig immer stärker durch kleinere dezentrale Erzeugungseinheiten geprägt. Dies muss sich auch im Marktdesign für das Anbieten von Regelenenergie widerspiegeln. Wichtig wäre z.B. eine Absenkung der Mindestgröße der Anlagen sowie ein vereinfachtes Präqualifizierungsverfahren (Nachweis z.B. Baumusterprüfung als Zusatztest im Rahmen einer Zertifizierung der Anschlussbedingung) zum Nachweis der technischen Voraussetzungen einer Teilnahme am Regelenenergiemarkt.
- KWK-Anlagen in den Verteilnetzen können als disponible Erzeugungseinheit mit einer Wirkleistungsmodulation auf Frequenz- und Spannungsschwankungen reagieren. Das erste entspricht dem Selbstregeleffekt, der die Primärregelung unterstützt.<sup>50</sup> Das zweite ist hilfreich, um die Wirkleistungsschwankungen fluktuierender erneuerbarer Energien zu kompensieren, die lokal zu einer Spannungsanhebung führen können. Um auch Kleinanlagen mit einzubeziehen ist ein transaktionskostenarmer, einfacher Vergütungsmechanismus wie z.B. ein SDL-Bonus notwendig.
- Zusätzlich zum Pooling von KWK-Anlagen in VKW zur Bereitstellung von Regelenenergie ist auch für sehr kleinere Anlagen eine Möglichkeit einzurichten, Regelenenergie bereitzustellen. So kann

---

<sup>48</sup> vgl. 50hertz / Amprion / TenneT / Transnet BW: Bericht der deutschen Übertragungsnetzbetreiber zur Leistungsbilanz 2013 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5, Stand 30.09.2013, S. 8.

<sup>49</sup> vgl. hierzu die unterschiedlichen Szenarien in: Wünsch, Marco / Klotz, Eva-Maria / Koepp, Marcus / Steudle, Gesine: Maßnahmen zur nachhaltigen Integration von Systemen zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in das neue Energieversorgungssystem, Berlin 2013.

<sup>50</sup> vgl. Kaestle, Gunnar (Anm. 28), S. 11ff.

über eine Bonusregelung für Anlagen nachgedacht werden, die eine P(f)-Steuerung implementieren, um dadurch die Anlagenleistung in Abhängigkeit der Frequenz verschieben zu können.

- Darüber hinaus muss damit begonnen werden, Systemdienstleistungen zu honorieren, die von KWK-Anlagen erbracht und dringend für die Stabilität des Systems benötigt, jedoch zurzeit nicht vergütet werden – wie das Anbieten von Blindleistung über die Mindestanforderungen der technischen Anschlussbedingungen hinaus. Hierzu sei auch auf das Schweizer Spannungsregelkonzept verwiesen, das als Geschäftsmodell spannungsrichtig ausgetauschte Blindleistung als vergütungsfähigen Mehrwert erkannt hat.<sup>51</sup> Dies würde auch eine zusätzliche Einnahmequelle für KWK-Betreiber bedeuten und diese Form der Energiebereitstellung wirtschaftlich attraktiver machen.
- Die Möglichkeit des kurzzeitigen Kondensationsbetriebs zur Netzstützung muss gegeben sein und darf sich nicht förderschädlich auf die KWK auswirken. Diese Systemdienstleistung ist nicht über die KWK-Prämie zu fördern, jedoch angemessenen zu vergüten, sodass ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist. Als Systemdienstleistung muss im Kondensationsbetrieb erzeugter KWK-Strom von allen Umlagen und Steuern befreit sein.
- Die Umlagenbefreiung für die Nutzung von Eigenstrom bei Koppelbetrieb muss erhalten bleiben, um die wirtschaftliche Attraktivität der KWK zu bewahren und industriellen und gewerblichen Nutzern die Möglichkeit zu geben, nicht nur in selbsttragende Energiesparmaßnahmen zu investieren, sondern auch damit die wirtschaftliche Robustheit gegenüber Energiepreisschwankungen zu erhöhen.
- Die Einführung einer größenabhängigen Leistungsprämie für das Vorhalten von gesicherter Leistung in hocheffizienten KWK-Anlagen sollte in Rücksprache mit Netz- und Anlagenbetreiber geprüft werden.
- Anreize zum stromorientierten Betrieb von KWK-Anlagen können auch lastenvariable Tarife oder Strompreise geben, jedenfalls sollte man weg vom „üblichen Preis“. Der „übliche Preis“ als Baseload-Mittelwert war für Kleinanlagen eingeführt worden, die keine Marktmacht haben. Allerdings ist bei Anlagen mit RLM-Zähler nicht einzusehen, warum die Vergütung nicht nach einem fluktuierenden Referenzpreis erfolgt, der Anlagenbetreibern auch die Möglichkeit bietet, den Anlagenbetrieb zu optimieren. Weiterhin sollte auch der Zuschlag zeitlich flexibilisiert werden.
- Anerkennung der „Power-to-Heat“-Technik als Systemdienstleistung, die als solche folgerichtig von allen Umlagen und Steuern befreit werden sollte, sofern der Einsatz netzdienlich (Regelleistungsabruf, Dispatching-Einsatz, Alternative zum Abregeln, etc.) erfolgt.
- Eine Belastung des Eigenstroms mit der EEG-Umlage ist verfassungsrechtlich fragwürdig.
- Wenn der Eigenstrom aus KWK-Anlagen in Zukunft dennoch mit der EEG-Umlage belastet werden sollte, ist eine Anhebung der Bagatellgrenze für diese Belastung auf mindestens 250 kW ohne Mengenbegrenzung der Stromproduktion dringend empfohlen.

---

<sup>51</sup> Siehe zu diesem Thema unter anderem: swissgrid ag: Spannungshaltung 2011. Konzept für die Spannungshaltung im Übertragungsnetz der Schweiz ab 2011, Version 1.4, unter: [https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/experts/ancillary\\_services/voltage\\_support/de/D100412\\_concept-voltage-support-2011\\_V1R4\\_de.pdf](https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/experts/ancillary_services/voltage_support/de/D100412_concept-voltage-support-2011_V1R4_de.pdf), 17.05.2014 und Geidl, Martin: Spannungsregelung im Übertragungsnetz der Schweiz. Konzept, Umsetzung und Erfahrungen, Präsentation der swissgrid ag vom 19.10.2010, unter: [http://www.eeh.ee.ethz.ch/fileadmin/user\\_upload/eeh/news\\_events/Kolloquien/S101015\\_Spannungsregelun\\_g\\_im\\_Uebertragungsnetz\\_der\\_Schweiz\\_PRINT.pdf](http://www.eeh.ee.ethz.ch/fileadmin/user_upload/eeh/news_events/Kolloquien/S101015_Spannungsregelun_g_im_Uebertragungsnetz_der_Schweiz_PRINT.pdf), 17.05.2014.

- Stärkere Förderung von KWK-Systemen zum flexiblen Betrieb: In erster Linie bedeutet dies die Ausweitung der Speicherförderung und die Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zum netzdienlichen Einsatz von Power-to-Heat Systemen

Diese Studie belegt, dass die KWK eine ideale Systemergänzung für die fluktuierende erneuerbare Energie und somit von fundamentaler Bedeutung für das Gelingen der Energiewende ist. Flexible KWK-Anlagen mit hohen Leistungsänderungsgeschwindigkeiten und kurzen Anfahrtszeiten, niedrigen Brennstoffkosten, sehr hoher Effizienz und daher niedrigen Primärenergiefaktoren für die erzeugten Nutzenergien Strom und Wärme sowie dank Wärmespeicher weiterhin hohen Energienutzungsgraden leisten einen wesentlichen Beitrag, um erneuerbare Energien in das System zu integrieren und die Stromnetze stabil zu halten. Der Betrieb dieser Anlagen sollte nicht durch zusätzliche Umlagen belastet werden, die diese Systeme unwirtschaftlich machen würden. Stattdessen sollten die regulatorischen und förderrechtlichen Rahmenbedingungen dahingehend gestaltet werden, dass zentrale und dezentrale KWK-Anlagen ihre großen systemtechnischen und energetischen Vorteile für die Energiewende voll einbringen können.

## 9. Literaturverzeichnis

- „Bundesnetzagentur bestätigt den Reservekraftwerksbedarf für das Winterhalbjahr 2014/2015 und die Jahre 2015/2016 und 2016/2017, Pressemitteilung der Bundesnetzagentur, Bonn, 2. Mai 2014, unter: [http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2014/140502ReservekraftwerksbedarfWinter2014\\_2018.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Presse/Pressemitteilungen/2014/140502ReservekraftwerksbedarfWinter2014_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=3), 05.05.2014.
- „Homann: ‚Das sind Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse‘. Interview, Energie & Management Online, 14.06.2013, unter: [http://www.energie-undmanagement.de/?id=84&no\\_cache=1&terminID=100018&type=1](http://www.energie-undmanagement.de/?id=84&no_cache=1&terminID=100018&type=1), abgerufen am 05.05.2014.
- „Staatskraftwerk aus Angst vor Blackouts geplant“, Die Welt Online, unter: <http://www.welt.de/wirtschaft/energie/article126769283/Staatskraftwerk-aus-Angst-vor-Blackouts-geplant.html>, 15.04.2014.
- „Stellungnahme des Bundesverbandes Erneuerbare Energien zum Entwurf der Änderungen der Stromnetzentgeltverordnung vom 10. April 2013“, Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., Berlin 2013.
- „Zweierlei Maß im Fall Irsching“, in: Energie & Management Online, 13.01.2014, unter: [http://www.energie-und-management.de/?id=84&no\\_cache=1&terminID=102779](http://www.energie-und-management.de/?id=84&no_cache=1&terminID=102779), 16.05.2014.
- 50hertz / Amprion / TenneT / Transnet BW: Bericht der deutschen Übertragungsnetzbetreiber zur Leistungsbilanz 2013 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5, Stand 30.09.2013.
- Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft e.V. (Hrsg.): Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, Band 3, Frankfurt am Main 2004.
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: BHKW-Grundlagen, Berlin 2010.
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: BHKW-Kenndaten 2011, Frankfurt am Main 2011.
- Bardt, Hubertus / Growitsch, Christian, et al.: Eigenerzeugung und Selbstverbrauch von Strom. Stand, Potentiale und Trends, Köln 2014.
- Bayerischer Industrie- und Handelskammertag BIHK e.V. / Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. - VBEW (Hrsg.): Energienetze in Bayern. Handlungsbedarf bis 2022, Oktober 2013.
- Bier, Christoph: Industrial Smart Grids. Wirtschaftliche Anreize zur Netzstabilisierung durch industrielle Verbraucher, VIK-Positionspapier, VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., Essen 2012.
- Blesl, M. / Kempe, S. et al.: Wärmetatlas Baden-Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen. Endbericht. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart 2009.
- Bundesministerium für Wirtschaft: Entwurf eines Gesetzes zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften des Energiewirtschaftsrechts, März 2014.

- Bundesnetzagentur / Bundeskartellamt: Monitoringbericht 2013. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i.V.m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i.V.m. §53 Abs. 3 GWB, Bonn 2013.
- Bundesnetzagentur: „Smart Grid“ und „Smart Market. Eckpunktepapier der Bundesnetzagentur zu den Aspekten des sich verändernden Energieversorgungssystems, Bonn 2011.
- Bundesverband der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Technische Richtlinie. Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz. Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Berlin 2008.
- Bundesverband der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Regelungen und Übergangsfristen für bestimmte Anforderungen in Ergänzung zur technischen Richtlinie: Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz - Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Berlin 2013.
- Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): dena-Systemdienstleistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien, Berlin 2014.
- Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): dena-Verteilnetzstudie. Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, Berlin 2012.
- Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.): Integration der erneuerbaren Energien in den deutsch-europäischen Strommarkt. Endbericht, Berlin 2012.
- Döring, Michael / Burges, Karsten / Hofmann, Frank et. al.: Entwicklung einer Nachrüstungsstrategie für Erzeugungsanlagen am Mittel- und Niederspannungsnetz zum Erhalt der Systemsicherheit bei Über- und Unterfrequenz. Endbericht, Berlin 2013.
- Erdmann, Georg / Dittmar, Lars: Technologische und energiepolitische Bewertung der Perspektiven von Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland, Berlin 2010.
- European Network of Transmission System Operators for Electricity (Hrsg.): Network Code for Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators, Brüssel 2013.
- Geidl, Martin: Spannungsregelung im Übertragungsnetz der Schweiz. Konzept, Umsetzung und Erfahrungen, Präsentation der swissgrid ag vom 19.10.2010, unter: [http://www.eeh.ee.ethz.ch/fileadmin/user\\_upload/eeh/news\\_events/Kolloquien/S101015\\_Spannungsregelung\\_im\\_Uebertragungsnetz\\_der\\_Schweiz\\_PRINT.pdf](http://www.eeh.ee.ethz.ch/fileadmin/user_upload/eeh/news_events/Kolloquien/S101015_Spannungsregelung_im_Uebertragungsnetz_der_Schweiz_PRINT.pdf) , 17.05.2014.
- Horst, Juri: KWK-Eigenerzeugung in der Energiewende Analyse und Bewertung der Eigenerzeugung mit KWK in Bezug auf die aktuell diskutierten Änderungsvorschläge vor dem Hintergrund und unter den Perspektiven einer Politik zur konsequenten Umsetzung der Energiewende. Endbericht, Institut für ZukunftsEnergieSysteme, Saarbrücken 2014.
- Kaestle, Gunnar: Blockheizkraftwerke als flexible Erzeugungskapazitäten und ihre Möglichkeiten der Systemdienstleistungen, Institut für Elektrische Energietechnik, Vortrag im Rahmen der Fachtagung „Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der zukünftigen Energieversorgung“ in Freiburg am 21.03.2013.
- Ritter, Peter: Flexible KWK-Anlagen können einen Teil der für den weiteren Ausbau Erneuerbarer Energien erforderlichen Regelenergie abdecken, Dissemination Strategy on Electricity Balancing for Large Scale Integration of Renewable Energy, 2007.
- Sensfuß, Frank: Herausforderungen für Stromversorgungssystem bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Impulsvortrag, Plattform Erneuerbare Energien AG Interaktion, Berlin 12.07.2012.
- swissgrid ag: Spannungshaltung 2011. Konzept für die Spannungshaltung im Übertragungsnetz der Schweiz ab 2011, Version 1.4, unter:

[https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/experts/ancillary\\_services/voltage\\_support/de/D100412\\_concept-voltage-support-2011\\_V1R4\\_de.pdf](https://www.swissgrid.ch/dam/swissgrid/experts/ancillary_services/voltage_support/de/D100412_concept-voltage-support-2011_V1R4_de.pdf), 17.05.2014.

- Tröster, Eckehard et. al.: Kurzgutachten zur Eigenstromerzeugung in Rheinland-Pfalz, Energynautics, Darmstadt 2014.
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Fishedick, M. / Gailfuß, M. et al.: Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierte Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung, Berlin 2002.
- VDE/FNN: Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, VDE-AR-N4105.
- von Roon, Serafin: Mikro-KWK und virtuelle Kraftwerke, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE), 2009.
- Wünsch, Marco / Klotz, Eva-Maria / Koepp, Marcus / Steudle, Gesine: Maßnahmen zur nachhaltigen Integration von Systemen zur gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung in das neue Energieversorgungssystem, Berlin 2013.