Fraunhofer IFAM

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

BHKW-Infozentrum
BHKW-Consult Rastatt

prognos

Stiftung Umweltenergierecht

Bericht

EVALUIERUNG DER KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Analysen zur Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung in einem Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien

Auftraggeber
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Ansprechpartner

Prognos AG:
Marco Wünsch

Fraunhofer IFAM:
Dr. Bernd Eikmeier

Öko-Institut e.V:
Sabine Gores

BHKW-Consult:
Markus Gailfuß

Stiftung Umweltenergierecht:
Oliver Antoni, LL.M.

Berlin, 27. März 2019

Die beteiligten Unternehmen im Überblick

Prognos AG (Hauptauftragnehmer)

Geschäftsführer
Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrats
Gunter Blickle

Hauptsitz
Henric Petri-Str. 9
CH-4010 Basel
Telefon +41 61 3273-310
www.prognos.com

Weitere Standorte (Auswahl)
Goethestr. 85
D-10623 Berlin
+49 30 52 00 59-210

Schwanenmarkt 21
D-40213 Düsseldorf
+49 211 91316-110

Handelsregisternummer
Berlin HRB 87447 B

Fraunhofer IFAM

Institutsleiter
Matthias Busse / Bernd Mayer

Hauptsitz
Wiener Straße 12
Telefon 0421 / 2246-0
www.ifam.fraunhofer.de

Öko-Institut e.V

Geschäftsführung
Michael Sailer

Hauptsitz
Merzhauser Straße 173
D-79100 Freiburg
Tel. +49 761 45295-0
www.oeko.de

BHKW-Consult

Geschäftsführer
Markus Gailfuß

Hauptsitz
Rauentaler Straße 22/1
76437 Rastatt
Telefon 07222 / 96 86 73 11
www.bhkw-consult.de

Stiftung Umweltenergierecht

Vorsitzender des Stiftungs-vorstands
Thorsten Müller

Stiftungssitz
Ludwigstr. 22
97070 Würzburg
Telefon 0931 / 794077-0

Die Autoren dieser Studie

Prognos AG

Hanno Falkenberg

Eva-Maria Klotz

Marcus Koepp

Nils Thamling

Marco Wünsch

Inka Ziegenhagen

Fraunhofer IFAM

Dr. Bernd Eikmeier

Max Fette

Karen Janßen

Öko-Institut e.V

Sabine Gores

Hauke Herrmann

Carina Zell-Ziegler

BHKW-Consult

Markus Gailfuß

Stiftung Umweltenergierecht

Oliver Antoni, LL.M.

Dr. Hartmut Kahl

Dr. Markus Kahles

Inhalt

1	**Abstract**	**1**
2	**Übersicht wesentliche Ergebnisse**	**2**
3	**Ausgangslage und Zielsetzung**	**5**
4	**Analysen zur historischen und zukünftigen Entwicklung der KWK**	**6**
4.1	Entwicklung KWK	7
4.2	Primärenergie- und CO_2-Einsparung	34
4.3	Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen	53
4.4	Auswertung KWKG-Förderung	76
4.5	Die KWK im Energiesystem	106
4.6	Prognose der KWK-Entwicklung bis 2025	120
5	**Bewertung der Entwicklung der KWK**	**127**
5.1	Zukünftige Rolle der KWK	128
5.2	Abgleich der Prognose und zukünftige Rolle der KWK	139
6	**Bewertung der KWK-Förderung**	**141**
6.1	Hintergrund und Ziel der Bewertung	141
6.2	Ziele der Förderung im KWKG	142
6.3	Methodik zur Bewertung der Instrumente zur Förderung von KWK-Anlagen	143
6.4	Betrachtete Förderinstrumente	151
6.5	Rechtliche Bewertung der Instrumente	154
6.6	Nichtjuristische Bewertung der Förderinstrumente	163
6.7	Exemplarische Betrachtung der KWK-Förderung im europäischen Ausland	181
6.8	Gesamtbewertung	196
6.9	Fazit & Empfehlungen	199
6.10	Ausblick auf die Weiterentwicklung des KWKG	200
7	**Ableitung von Handlungsempfehlungen**	**202**
7.1	Beibehaltung und Verlängerung des KWKG bis 2025	203
7.2	Anpassung Ziel KWKG	204
7.3	Kurzfristige Weiterentwicklung KWKG	207
7.4	Kurzfristiger sonstiger regulatorischer Anpassungsbedarf	221
7.5	Mittel- und langfristige Weiterentwicklung	224
8	**Literatur**	**225**
9	**Anhang**	**233**

Abbildungen

Abbildung 1:	Entwicklung der KWK-Stromerzeugung nach Brennstoffen	14
Abbildung 2:	Produktion der KWK-Anlagen im Jahr 2017	17
Abbildung 3:	Brennstoffeinsatz in der Fernwärme in 2017	26
Abbildung 4:	Neuerrichtungen und installierte Leistung von Power-to-Heat-	28
Abbildung 5:	Bestehende Power-to-Heat Anlagen in Deutschland	29
Abbildung 6:	CO_2-Einsparung der KWK-Erzeugung	39
Abbildung 7:	Emissionen der KWK-Erzeugung 2003-2017	43
Abbildung 8:	Brennstoffeinsatz und CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung 2017	44
Abbildung 9:	Neubau, Modernisierung und Nachrüstung von nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen in den jeweiligen Jahren in MW_{el}	80
Abbildung 10:	Neubau, Modernisierung und Nachrüstung von nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen nach Größenklassen in den jeweiligen Jahren in MW_{el}	81
Abbildung 11:	Entwicklung der Nettostromerzeugung aus Erdgas in der öffentlichen Versorgung	84
Abbildung 12:	Ermittelte Vollbenutzungsstunden der geförderten Bestandsanlagen in den Jahren 2016 und 2017	85
Abbildung 13:	Förderfälle Wärmenetze nach dem Jahr der Inbetriebnahme	89
Abbildung 14:	Wärmenetz-Trassenlängen nach Baumaßnahmen und Jahr der Inbetriebnahme	90
Abbildung 15:	Wärmenetz-Trassenlängen nach Brennstoffart und Jahr der Inbetriebnahme	91
Abbildung 16:	Entwicklung des Fernwärmebestandes in Deutschland	93
Abbildung 17:	Investitionskosten für Wärmenetze nach Jahr der Inbetriebnahme	94
Abbildung 18:	Anzahl Wärmespeicher nach Größenklassen und Jahr der Inbetriebnahme	96
Abbildung 19:	Räumliche Verteilung von größeren Wärmespeichern	97
Abbildung 20:	Volumen und Investitionskosten von Wärmespeichern nach dem Jahr der Inbetriebnahme	98
Abbildung 21:	Anteile der Wärmespeicher-Größenklassen am geförderten Gesamtvolumen für die Inbetriebnahmejahre 2012 bis 2017	99
Abbildung 22:	Anlagenverhalten von KWK-Anlagen im wärmegeführten, netzgeführten und intelligent netzgeführten Betrieb	109
Abbildung 23:	Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte nach Anwendungszwecken	113
Abbildung 24:	Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte nach Sektoren	113
Abbildung 25:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte zwischen 2000 und 2014	114
Abbildung 26:	Fernwärmeverbrauch aus erneuerbaren Energien im Jahr 2013 nach AGEB-Konvention (nicht witterungsbereinigt)	115
Abbildung 27:	Entwicklung der KWK-Nettostromerzeugung bis 2025	124

Abbildung 28: Entwicklung der nach dem KWKG geförderten KWK-Stromerzeugung 125
Abbildung 29: Entwicklung der KWKG-Förderung 126
Abbildung 30: Entwicklung der fossilen KWK-Stromerzeugung in verschiedenen Studien 131
Abbildung 31: Marktentwicklung Wärmeerzeuger im Zeitraum 2006 bis 2017 137
Abbildung 6-1: Funktionsschema von Einspeisevergütung und Marktprämien 152
Abbildung 33: Regulatorisches Umfeld der KWK 222

Tabellen

Tabelle 1: Typische KWK-Technologien 9
Tabelle 2: Projektphasen für genehmigungsbedürftige KWK-Neubauanlagen 11
Tabelle 3: Entwicklung der Netto-KWK-Stromerzeugung 13
Tabelle 4: Entwicklung der KWK-Wärmeerzeugung 15
Tabelle 5: Vergleich der statistischen und blockscharf ermittelten Wärmeproduktion der Steinkohle und Braunkohle-KWK-Anlagen 19
Tabelle 6: Aktueller Anlagenbestand: Braunkohle-KWK-Wärmeproduktion in stromgeführten Kraftwerken 20
Tabelle 7: Braunkohle-KWK-Wärmeproduktion in wärmegeführten Kraftwerken 20
Tabelle 8: Steinkohle KWK-Anlagen in der Industrie 22
Tabelle 9: Steinkohle-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung> 100 MW mit einer KWK-Wärmeproduktion > 0,2 TWh 23
Tabelle 10: Steinkohle-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung; elektrische Leistung < 100 MW 24
Tabelle 11: Struktur des Endenergieverbrauches nach Wärmeanwendungen 25
Tabelle 12: Anteil erneuerbare Energien an der Fernwärme 26
Tabelle 13 Bestehende Power-to-Heat-Anlagen in Deutschland 30
Tabelle 14: Referenzsysteme zur Berechnung der CO_2-Einsparung 37
Tabelle 15: Effekt des Ersatzes einer Kohle-KWK-Anlage 42
Tabelle 16: Spezifische KWK-Emissionsfaktoren im Jahr 2017 45
Tabelle 17: THG-Emissionsfaktoren von Endenergieträgern inkl. Vorketten 49
Tabelle 18: THG-Faktoren (Verursacherbilanz) gängiger Wärmeerzeuger 49
Tabelle 19: Fördersätze für neue, modernisierte oder nachgerüstete KWK-Anlage 54
Tabelle 20: Betrachtete KWK-Anlagen 55
Tabelle 21: Großhandelspreise Strom (Baseload), Erdgas (Ho) und CO_2-Zertifikatepreis 57
Tabelle 22: Endkundenpreise Erdgas nach Kundengruppen und Verbrauchswerten 58
Tabelle 23: Endkundenpreise Strom 60
Tabelle 24: Versorgungsobjekte 67

Tabelle 25:	Betrachtete Fälle Objekt- und Industrieversorgung	68
Tabelle 26:	Projektrendite (interner Zinsfuß) für Neubauprojekte von Objekt- und Industrie-KWK-Anlagen	69
Tabelle 27:	Projektrendite für Neuanlagen 2019 mit KWK-Zuschlag (inkl. ETS, ohne Kohle-Bonus)	74
Tabelle 28	Anzahl der beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahr (Stand: 09.01.2019)	82
Tabelle 29:	Ergebnisse Segment-Ausschreibungen	86
Tabelle 30:	Ergebnisse Auschreibungen innovative KWK	88
Tabelle 31:	Maßnahmenschwerpunkte nach Brennstoffart KWK (Bezug: Trassen-km 2009 - 2016)	92
Tabelle 32:	KWK-Stromerzeugung in Eigenerzeugung, in TWh, 2012 - 2016	101
Tabelle 33:	Strommengen, spezifische vermiedene Kosten und Summe der indirekten Förderung von KWK-Anlagen, 2016.	103
Tabelle 34:	Im Bau befindliche und geplante größere KWK-Kraftwerkprojekte	121
Tabelle 35:	Mögliche Struktur der Fernwärmeerzeugung im Jahr 2030	129
Tabelle 36:	Mögliche Struktur der Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050	134
Tabelle 37:	Rechtliche Bewertung der Förderinstrumente	163
Tabelle 38:	Bewertungen des Förderinstrumentes Einspeisevergütung	165
Tabelle 39:	Bewertungen des Förderinstrumentes Gleitende Martkprämie	167
Tabelle 40:	Bewertungen des Förderinstrumentes Fixe Marktprämie mit Korridor	169
Tabelle 41:	Bewertungen des Förderinstrumentes Fixe Marktprämie	170
Tabelle 42:	Bewertungen des Förderinstrumentes Ausschreibungen	173
Tabelle 43:	Bewertungen des Förderinstrumentes Steuerliche Vergünstigungen	175
Tabelle 44:	Bewertungen des Förderinstrumentes Investitionshilfen	176
Tabelle 45:	Bewertungen des Förderinstrumentes Quotensystem	178
Tabelle 46:	Intention von Elementen in Förderinstrumenten	179
Tabelle 47:	Integrationsmöglichkeiten von Elementen in Förderinstrumente	180
Tabelle 48:	Bewertung der Förderinstrumente	181
Tabelle 49:	Steuerbefreiung in Schweden	193
Tabelle 50:	Bewertung der Förderinstrumente bei mittelfristiger Perspektive	198
Tabelle 51:	Entwicklung der KWK-Kennzahlen: Gesamtnutzungsgrad	238
Tabelle 52:	Entwicklung der KWK-Kennzahlen: elektrische Nutzungsgrade	239
Tabelle 53:	Entwicklung der KWK-Kennzahlen: thermische Nutzungsgrade	240
Tabelle 54:	Entwicklung der KWK-Kennzahlen: Stromkennzahlen	241

1 Abstract

The present study examines the development of combined heat and power generation (CHP) over recent years in great detail and provides a prospect of future developments until the year 2030. In addition to investigating modifications regarding number, installed capacity and generation of CHP plants, in particular their economic viability and their promotion as well as savings of primary energy and of CO_2 – achieved by using cogeneration – were assessed.

Furthermore, the future role of cogeneration in an energy system with high shares of renewable energies has been analysed and various options for promoting cogeneration were studied respectively evaluated. Finally, the paper outlines recommendations for action to enhance the future development and the promotion of cogeneration.

The study was compiled by Fraunhofer IFAM, Öko-Institut e.V., BHKW-Consult, Stiftung Umweltenergierecht and Prognos AG in 2017.

2 Übersicht wesentliche Ergebnisse

Status quo und Perspektive bis 2025

- Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung hat sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. Nach einem leichten Anstieg in den Jahren 2012 bis 2014 kam es in den Jahren 2015 bis 2017 zu einer deutlichen Steigerung der KWK-Nettostromerzeugung. Im Zeitraum 2012 bis 2017 ist sie von 103 TWh um 14 % auf 117 TWh angestiegen. Die gekoppelt erzeugte Wärme erhöhte sich im gleichen Zeitraum von 209 TWh um 7 % auf 226 TWh.
- Die KWK-Erzeugung führte im Jahr 2016 zu einer CO_2-Einsparung in Höhe von 17 bis 54 Millionen Tonnen, abhängig von den Annahmen hinsichtlich der Referenzwerte für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung.
- Im Jahr 2016 betrug die Förderung durch das Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) in Summe 1.016 Millionen Euro. Davon entfielen 899 Millionen Euro auf die Förderung von KWK-Anlagen, 111 Millionen auf Wärme- und Kältenetze sowie 6 Millionen Euro auf Wärmespeicher.
- Zum derzeitigen Zeitpunkt kann davon ausgegangen werden, dass das KWK-Stromerzeugungsziel in Höhe von 110 TWh für das Jahr 2020 sehr wahrscheinlich erreicht und übererfüllt wird. Das Ziel von 120 TWh für das Jahr 2025 wird voraussichtlich ebenfalls erfüllt, sofern die Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen auch zukünftig einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglichen und altersbedingte Abschaltungen durch Neuanlagen oder Modernisierungen ausgeglichen werden.

Perspektive der KWK im zukünftigen Energiesystem

- KWK weist immer dann Effizienzvorteile gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung auf, wenn Brennstoffe zur Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden und dies durch KWK-Anlagen anstatt durch Kraftwerke und Heizkessel erfolgt.
- Nahezu alle Studien und Szenarien zur Entwicklung des Energiesystems von Deutschland gehen davon aus, dass der Anteil der erneuerbaren brennstofffreien Energien am Strom- und Wärmemarkt steigen und damit das potenzielle Einsatzfeld der fossilen KWK im Vergleich zum heutigen KWK-Potenzial kleiner wird. Für den Zeitraum bis 2030 prognostizieren verschiedene Studien aber noch einen möglichen Anstieg der Nutzung fossiler KWK.

- Kurz- und mittelfristig erscheint es zur Erreichung der Klimaschutz-Ziele zwingend erforderlich, bestehende ungekoppelte Kohle-Kraftwerke genauso wie bestehende Kohle-KWK-Anlagen zu ersetzen. Der Neubau gasbetriebener KWK-Anlagen kann neben anderen Optionen dabei helfen, die Wärme- und Stromerzeugung der stillzulegenden Anlagen zu ersetzen.

- Mittel- bis langfristig muss der Brennstoffeinsatz von KWK-Systemen im Rahmen der Wärmewende weiter dekarbonisiert werden. Die Ausschreibung von innovativen KWK-Systemen in Verbindung mit regenerativen Energiequellen ist ein wichtiger Baustein im KWKG, um Anreize möglichst frühzeitig zu schaffen und Erfahrungen zu sammeln.

- Wesentliche Voraussetzung für eine ökologisch sinnvolle zukünftige Nutzung fossiler KWK in einem immer stärker von fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energien geprägten Strommarkt besteht in einer weiteren Flexibilisierung des Betriebs von KWK-Anlagen.

- Nach 2030 wird der Bedarf für Strom und Wärme aus KWK sehr wahrscheinlich sinken. Wie stark sich das Nutzungspotenzial der Anlagen tatsächlich verringert, ist abhängig von vielen Faktoren wie z.B. der Weiterentwicklung der Energiewende insbesondere im Wärmesektor und dem Ausbau der Stromnetze.

- KWK-Anlagen werden im Rahmen einer Dekarbonisierungs-Strategie zunehmend im Verbund mit weiteren Wärmeerzeugern wie erneuerbaren Energien, Abwärme und größeren Wärmespeichern die Wärmeversorgung einzelner Objekten, Unternehmen und Wärmenetzen sicherstellen.

- Um erneuerbare Energien und Abwärme in den Wärmenetzen nutzen zu können, müssen diese in vielen Fällen umgebaut und technisch angepasst werden.

Empfehlungen zur Weiterentwicklung des KWKG

- Das KWKG sollte frühzeitig bis 2025 verlängert werden, um Planungssicherheit zu schaffen. Die Ziele für 2020 und 2025 können dabei grundsätzlich beibehalten werden.

- Für 2030 sollten zwei Ziele gesetzt werden: Die KWK-Stromerzeugung soll einen Anteil an der regelbaren Stromerzeugung von 40% bis 45% haben. Zusätzlich soll der Anteil der erneuerbaren Wärme an der Fernwärmeerzeugung auf 30% steigen.

- Kurzfristig sollten im KWKG Weiterentwicklungen zum Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen, der EE-Wärme- und Wärmenetzförderung sowie weitere Förderzugangsvoraussetzungen erfolgen. Eine Ausweitung der Ausschreibungen auf KWK-Anlagen erscheint aufgrund der geringen Anzahl der zu erwartenden

KWK-Projekte über 50 MW vorerst nicht sinnvoll. Es sollte aber geprüft werden, ob das Problem der hohen Marktkonzentration durch ein spezielles Ausschreibungsdesign aufgefangen werden kann.

- Es sollten verstärkte Anreize zur Flexibilisierung der Fahrweise der KWK gesetzt werden, z.B. durch die Begrenzung der jährlich geförderten Volllaststunden.
- Es soll ein EE-Wärmebonus eingeführt werden, der den Ausbau von Systemen aus KWK und EE-Wärme in allen KWK-Größenbereichen anreizt und damit einen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wärmenetze und Quartiere leistet.
- Die Förderung von KWK-Anlagen sollte zukünftig daran gekoppelt werden, dass auch unter Einbeziehung der Klimawirkung des Methanschlupfs bei der Nutzung in KWK-Anlagen eine signifikante Einsparung von Treibhausgasemissionen erzielt wird.
- Detailregelungen im KWKG betreffend dem Fernwärmeverdrängungsverbot, der Förderung bei negativen Strompreisen, den Hocheffizienzkriterien und den Anforderungen an die Wärmenetzförderung sollten angepasst werden.
- Neben dem KWKG besteht im regulatorischen Umfeld der KWK Anpassungsbedarf. Dies betrifft insbesondere eine angemessene CO_2-Bepreisung innerhalb und außerhalb des Emissionshandels sowie ordnungsrechtliche Regelungen im Gebäudebereich hinsichtlich der Energieeffizienz.

3 Ausgangslage und Zielsetzung

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) stellt eine wichtige Technologie zur Steigerung der Primärenergieeffizienz, zur Reduktion von CO_2-Emissionen und für den Ressourcenschutz dar. Zukünftig könnte die KWK auch hinsichtlich der Ergänzung zu den fluktuierenden Stromerzeugern einen wichtigen Stellenwert einnehmen.

Die Bundesregierung verfolgt aktuell das Ziel von 110 TWh Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung in 2020 und 120 TWh Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung in 2025. Am 1. Januar 2016 trat das novellierte KWK-Gesetz (KWKG 2016) in Kraft. Das KWKG 2016 wurde in Bezug auf die KWK-Förderung am 24. Oktober 2016 von der EU-Kommission genehmigt. Am 1. Januar 2017 trat das KWKG 2017 in Kraft, welches u. a. die Ausschreibungen im KWK-Bereich einführte, neue Vorgaben für Netze und Speicher festlegte und eine Neuregelung der Begrenzung der KWK-Umlage enthielt.

Mit dem Projekt „*EVALUIERUNG DER KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG - Analysen zur Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung in einem Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien*“ hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Forschungsleistungen zur Perspektive der Fernwärme und der KWK im sich wandelnden Energiesystem Deutschlands ausgeschrieben.

Die vorliegende Studie zu diesem Projekt gliedert sich in folgende vier wesentliche Abschnitte:

- Analysen zur historischen und zukünftigen Entwicklung der KWK
- Bewertung der Entwicklung der KWK
- Bewertung von verschiedenen Optionen der KWK-Förderung
- Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung des KWKG und anderen relevanter Instrumente

4 Analysen zur historischen und zukünftigen Entwicklung der KWK

Zusammenfassung

- Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung hat sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. In den Jahren 2016 und 2017 kam es zu einem deutlichen Anstieg der KWK-Stromerzeugung. Im Zeitraum 2012 bis 2017 ist die Netto-KWK-Stromerzeugung von 99 TWh um 18% auf 117 TWh angestiegen. Die gekoppelt erzeugte Wärme stieg im gleichen Zeitraum von 209 TWh um 7% auf 226 TWh an.
- Die KWK-Erzeugung führte im Jahr 2016 zu einer CO_2-Einsparung in Höhe von 17 bis 58 Millionen Tonnen, abhängig von den Annahmen hinsichtlich der Referenzwerte für die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung.
- Beigetragen zu der positiven Entwicklung hat die im Gegensatz zur letzten Evaluierung verbesserte Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen. Einen großen Einfluss hatte dabei die KWKG-Novelle, welche insbesondere im Bereich der öffentlichen KWK in die gewünschte Richtung gewirkt hat. Die Wirtschaftlichkeit für verschiedene Anwendungsfelder und Größenklassen unterscheidet sich weiterhin sehr deutlich.
- Insgesamt wurden durch das KWKG im Jahr 2016 Fördergelder von etwas über 1 Milliarde ausgezahlt. Davon entfielen 117 Millionen Euro auf die Förderung von Wärme- und Kältenetzen, sowie Wärme- und Kältespeichern und rund 900 Millionen auf KWK-Anlagen (siehe Kapitel 4.4).
- Im Bereich der Eigenversorgung profitiert die KWK-Erzeugung von finanziellen Vorteilen bei der Verwendung von Eigenstrom aufgrund des Entfalls von Strompreis-Bestandteilen gegenüber dem Bezug von Netzstrom (siehe Kapitel 4.4). Im Jahr 2016 betrug dieser Vorteil in etwa 1,4 Milliarden Euro.
- Bei der Systemdienlichkeit der KWK besteht noch Optimierungsbedarf: Nach dem KWKG geförderte KWK-Anlagen produzieren zwar kaum Strom bei negativen Großhandelsstrompreisen, allerdings treten immer noch Situationen auf, in denen Stromerzeugung aus PV und Wind statt KWK-Erzeugung abgeregelt wird (siehe Kapitel 4.5).

- Es kann zum derzeitigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden, dass das KWK-Stromerzeugungsziel in Höhe von 110 TWh für das Jahr 2020 sehr wahrscheinlich erreicht und übererfüllt wird. Das Ziel von 120 TWh für das Jahr 2025 wird voraussichtlich ebenfalls erfüllt. Unsicherheitsfaktoren zur Zielerreichung stellen in diesem Zusammenhang aber u. a. die Neuregelung der teilweisen EEG-Umlagebefreiung auf Eigenstromverwendung aufgrund der fehlenden EU-beihilferechtlichen Genehmigung (§ 61 c EEG) sowie die zukünftige Regelung der Stromsteuerbefreiung von KWK-Anlagen dar (§9 Abs. 1 StromStG).

4.1 Entwicklung KWK

Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung hat sich in den vergangenen Jahren gut entwickelt.

Ein Ziel der KWK-Förderung ist, die KWK-Stromerzeugung auf 110 TWh in 2020 und 120 TWh in 2025 zu steigern. Im Jahre 2016 hatte die KWK das 2020er Ziel mit einer KWK-Stromproduktion von 117 TWh und einem Anteil von 19 % an der deutschen Stromproduktion erreicht, wenn die mit der Fermenterwärme verbundene Stromerzeugung mit berücksichtigt wird. Parallel wurde 225 TWh KWK-Wärme produziert. Das entspricht einem Anteil von etwa 17 % an den Wärmeanwendungen des Endenergieverbrauchs Deutschlands (siehe Kapitel 4.1.2).

In der Fernwärmeversorgung lag der Anteil der biogen und fossil betriebenen KWK bei etwa 72 % (siehe Kapitel4.1.4). Der Anteil der Fernwärme am deutschen Wärmemarkt ist mit etwa 8,7% allerdings weiterhin niedrig. Diese Aussage trifft auch für den Anteil der erneuerbaren Energien an der Fernwärme mit etwa 14 % zu.

Der KWK-Anlagenpark weist unterschiedliche Facetten auf. Er unterscheidet sich nicht nur in den angewendeten Technologien und den auskoppelbaren Temperaturniveaus der bereitgestellten Wärme, sondern auch in den Geschäftsmodellen, für welche die KWK attraktiv ist. Die typischen drei Anwendungsfelder der KWK sind die KWK in der Öffentlichen Versorgung, die Industrie-KWK und die Objekt-KWK (siehe Kapitel 4.1.3). Diese Anwendungsfelder spielen eine bedeutende Rolle für eine detaillierte Analyse der KWK in den Folgekapiteln.

4.1.1 Überblick über KWK-Technologien, Anwendungsbereiche, Bauzeiten und Kosten

KWK-Anlagen unterscheiden sich in ihren technischen Konzepten, ihren Brennstoffen, ihren Geschäftsmodellen, ihren Akteuren sowie in ihrer Leistungsgröße. Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist vielschichtig und heterogen. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über diese Heterogenität vermittelt werden.

KWK-Technologien

In der Praxis werden in KWK-Anlagen alle auch für Kraftwerke typischen Brennstoffe eingesetzt: Kohle, Gase, Erdöl, Biomasse, Abfälle und Ersatzbrennstoffe.

Es kommen hauptsächlich sechs Technologien zum Einsatz:

- Stirlingmotor
- Verbrennungsmotor
- Gasturbine
- Dampfturbine
- Gas- und Dampfturbinen-Kombinationen (GuD)
- Brennstoffzelle

Teilweise finden auch ORC- und Kalina-Cycle-Anlagen in KWK-Anlagen Verwendung.

Verbrennungsmotoren, Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen werden häufig auch unter dem Begriff „Blockheizkraftwerk“ zusammengefasst.

Im Leistungsbereich bis 200 kW werden außerdem noch Mikrogasturbinen angeboten. Durch Kaskadierung mehrere Mikrogasturbinen-Module werden in der Praxis Anlagenleistungen bis 1 MW realisiert.

Bis auf eine Brennstoffzellen-Anlage mit 1,4 MW elektrischer Leistung im industriellen Bereich und sehr wenigen Brennstoffzellen-Anlagen im unteren dreistelligen Kilowatt-Bereich werden Brennstoffzellen in Deutschland nahezu ausschließlich im kleinen Leistungsbereich unter 10 kW elektrischer Leistung realisiert. Die Auswertung des KfW-Förderreports 2017 weist 1.558 Fördermaßnahmen im Brennstoffzellen-Bereich auf, wobei mit 1.237 Anlagen der Schwerpunkt im Bereich „Sanierung Wohngebäude“ liegt. Für das Jahr 2018 weist der KfW-Förderreport mit Stand 31.12.2018 insgesamt 3.625 Fördermaßnahmen im Brennstoffzellen-Bereich auf, wobei mit 3.030 Anlagen der Schwerpunkt im Bereich „Sanierung Wohngebäude“ liegt.

Die folgende Tabelle zeigt für diese Technologie-Konzepte die wesentlichen typischen Parameter und Anwendungsfälle.

Tabelle 1: Typische KWK-Technologien

	Verbrennungsmotor	**Stirlingmotor**	**Brennstoffzelle**	**Dampfturbine**	**Gasturbine**	**Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk**
Anwendungsbereich	Objektversorgung, Industrie, Öffentliche Versorgung	Objektversorgung	Objektversorgung, Industrie	Industrie	Industrie	Industrie, Öffentliche Versorgung
Leistung	1 kW bis 10 MW pro Modul (mehrere möglich)	1 kW bis 9 kW	0,7 kW bis 2,8 MW	ab 100 kW	ab 500 kW	ab 20 MW
Elektrischer Wirkungsgrad (Netto-Nenn)	25 bis 45%	15 bis 25%	34 bis 60%	10 bis 25%	25 bis 38%	35 bis 50%
Gesamtwirkungsgrad	bis rund 100%	bis rund 95%	bis rund 90%	bis rund 90%	bis rund 85%	bis rund 90%

Quelle: Prognos und BHKW-Infozentrum 2018

Geschäftsmodelle

Die Hauptprodukte und Erlösquellen von KWK-Anlagen sind der erzeugte Strom und die erzeugte Nutzwärme. Je nach Anwendungsfall und Geschäftsmodell werden Strom und Wärme entweder vor Ort selbst genutzt oder in ein Netz eingespeist. Strom und Wärme werden dann über das Netz entweder wieder selbst genutzt oder an Dritte verkauft. Im Folgenden werden typische Konstellationen skizziert:

- Objekt-KWK-Anlagen wie z. B. Ein- und Mehrfamilienhäuser, Krankenhäuser, Hotels usw.:
  Strom und Wärme werden vor Ort selbst genutzt, der Strom wird teilweise in ein Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist
- Industrielle KWK (Eigenversorgung):
  Strom und Wärme werden vor Ort zu großen Teilen selbst genutzt
- Industrielle KWK (Industriepark):
  Strom und Wärme werden über eigene Verteilernetze oder öffentliche Netze an Dritte geliefert.

- KWK im Bereich der Öffentlichen Versorgung:
  Strom und Wärme werden in öffentliche Netze eingespeist und an Dritte geliefert.

In der Praxis gibt es insbesondere in der Industrie Einzelfälle, in denen die KWK-Anlagen stark abweichend vom typischen Fall ausgelegt oder betrieben werden. So speisen einige industrielle KWK-Anlagen einen signifikanten Anteil ihrer Wärmeerzeugung in öffentliche Wärmenetze ein (z.B. VW in Wolfsburg). Auf der anderen Seite gibt es auch industrielle KWK-Anlagen, die wesentlich mehr Strom erzeugen, als die Betriebe selbst verbrauchen und daher größere Strommenge in das öffentliche Netz einspeisen. Einen Einfluss auf die Betriebsweise von KWK-Kraftwerken kann auch die Eigentümerstruktur haben. Gemeinschaftskraftwerke mit mehreren Eigentümern werden zum Teil entsprechend den Anforderungen der einzelnen Eigentümer betrieben.

Planungs- und Bauzeiten:

Die Errichtung einer neuen KWK-Anlage von der Grundlagenplanung bis zur Inbetriebnahme dauert typischerweise 19 bis 50 Monate. Ausnahmen mit kürzeren Realisierungszeiten stellen kleine BHKW-Anlagen in fertiger Modulbauweise bis rund 500 kW dar, die ggf. auch kein aufwendiges Genehmigungsverfahren durchlaufen müssen. Bei einzelnen KWK-Großprojekten kann die Phase zwischen Investitionsentscheidung und Inbetriebnahme dagegen deutlich länger dauern.

Die Projektphasen und Zeitdauern von KWK- Modernisierungsprojekten (mit einer Modernisierungstiefe von mindestens 50 %) unterscheiden sich meist nur geringfügig von den dargestellten Projektphasen der Neubauanlagen. Ein wichtiges Kriterium ist, ob eine neue Genehmigung benötigt wird oder ob es genügt, eine Änderung der Anlage bei der zuständigen Behörde anzuzeigen. Bei den weiteren Projektphasen ergeben sich bei Modernisierungen keine größeren zeitlichen Einsparungen im Vergleich zu Neubauprojekten. In Summe liegt die gesamte Projektdauer für die Modernisierung von KWK-Anlagen bis zur Wiederaufnahme des Dauerbetriebs zwischen 13 und 48 Monaten. Auch hier können sich in Einzelfällen die Zeitdauern verlängern.

In Tabelle 2 sind die einzelnen Projektphasen typischer KWK-Neubauanlagen mit der jeweiligen Dauer aufgeführt.

Einige KWK-Projekte erfordern umfangreiche Umbau- und Optimierungsmaßnahmen am Wärme- und teilweise auch im Stromverteilsystem. Sofern im Zuge der KWK-Realisierung derartige Maßnahmen wie z. B. ein Wechsel von einem Dampf- auf ein Heißwasser-System ergriffen werden, sind die hierfür notwendigen Planungs- und Realisierungszeiträume zumindest teilweise auf die in Tabelle 2 angegebenen Projektlaufzeiten aufzuaddieren.

Tabelle 2: Projektphasen für genehmigungsbedürftige KWK-Neubauanlagen

Projektphase	**Zeitdauer (Monate)**
Grundlagen und Vorplanung	mindestens 1
Entwurfsplanung	1 bis 4
Genehmigungsplanung	3 bis 6
Genehmigungsverfahren	3 bis 7
Vergabeverfahren	1 bis 3
Bestellverfahren	1 bis 3
Lieferzeit	6 bis 15
Montage	2 bis 6
Inbetriebnahme	1 bis 6
Gesamtdauer bis zur Aufnahme des Dauerbetriebs	**19 bis 50**

Quelle: Prognos 2017

Kosten

Investitionskosten von KWK-Anlagen

Die statistischen Investitionskosten von KWK-Anlagen werden unter 4.3. im Kapitel „Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen“ für typische KWK-Anlagen dargestellt. Die spezifischen Investitionskosten bewegen sich je nach Technologie und Größe der KWK-Anlage typischerweise in einem Spektrum von 850-17.000 € je kW elektrischer Leistung. Im Einzelfall können die Kosten insbesondere hinsichtlich der projektspezifischen technischen Einbindungskosten von den Standardwerten deutlich abweichen.

Investitionskosten von Wärmespeichern

Wärmespeicher werden in Verbindung mit KWK-Anlagen meist für die Vergleichmäßigung des Wärmebedarfs verwendet. In der Objektversorgung werden sie im Standardfall auf eine Wärmespeicherung von einer halben bis zu zwei Stunden der thermischen BHKW-Leistung ausgelegt. Es existieren aber auch Anwendungsfälle, bei denen die Wärmespeicher deutlich größer ausgelegt werden, z.B. bei Gewächshäusern. Zukünftig wird die Nutzung von Wärmespeichern zur Flexibilisierung der Fahrweise von KWK-Anlagen eine noch wesentlich wichtigere Rolle spielen. Insbesondere in Fernwärmenetzen werden derzeit Fernwärmesepeicher mit großen Kapazitäten aufgebaut (siehe Kapitel 4.4).

Die heute in Deutschland verwendeten Wärmespeicher für Fernwärme speichern thermische Energie in Stahltanks in Form von heißem Wasser. Bei „drucklosen“ Speichern liegt die Speichertemperatur leicht unter der Siedetemperatur von Wasser, bei 95 bis 110°C. In druckbehafteten Speichern kann überhitztes Wasser bei

einer Temperatur von 120 bis 130°C gelagert werden. Drucklose Speicher weisen im Vergleich zu Druckspeichern geringere Investitionskosten auf. Demgegenüber steht aber eine geringere spezifische Speicherkapazität.

Die mittleren Investitionskosten von drucklosen Groß-Wärmespeichern in der Größenklasse ab etwa 5.000 m³ liegen zwischen 300 und 500 Euro/m³. Zu druckbehafteten Großspeichern gibt es relativ wenige Daten, da nur wenige Anlagen errichtet wurden. Der 3.000 m³ druckbehaftete Speicher der Stadtwerke Leipzig hat 3,5 Millionen Euro gekostet (1.166 EUR/m³). Diese Kosten enthalten jeweils auch die Kosten für die Einbindung der Speicher in das Fernwärmesystem inklusive der Pumpen.

Erdbeckenspeicher, also große unterirdische, drucklose Speicher, die Wärme auf einem niedrigeren Temperaturniveau speichern, stellen eine weitere Option zur Speicherung von heißem Wasser dar. In Dänemark werden diese häufig zur saisonalen Wärmespeicherung verwendet. Durch den geringen Materialaufwand betragen die Kosten für die Speicher etwa ein Zehntel der Kosten klassischer druckloser Wärmespeicher in Stahltanks. Nachteilig sind der höhere Flächenbedarf und die höheren Wärmeverluste.

Investitionskosten von elektrischen Heizkesseln

Einige Stadtwerke und auch Industriebetriebe haben in den vergangenen Jahren elektrische Heizkessel im MW-Bereich errichtet. Im MW-Bereich betragen die Kosten für elektrische Heizkessel etwa 100 Euro/kW.

Investitionskosten von Erdgaskesseln

Erdgaskessel, die in Fernwärmesystemen hauptsächlich zur Deckung von Spitzenlast eingesetzt werden, kosten inklusive Einbindung im MW-Bereich im Mittel zwischen 110 Euro und 130 Euro/kW bei einem 1 MW-Heizkessel und rund 80 Euro/kW bei einem 50 MW-Heizkessel.

Im kleinen Leistungsbereich von rund 50 kW sind die Nettokosten inklusive Einbindung bei rund 350 Euro/kW bis 450 Euro/kW anzusiedeln.

4.1.2 KWK-Strom und Wärmeerzeugung

Die gesamte KWK-Stromerzeugung in Deutschland betrug im Jahr 2017 117 TWh und hatte damit einen Anteil von 18,9 % an der Nettostromerzeugung in Höhe von 619 TWh [BDEW 2018]. Wird die mit der Fermenterbeheizung verbundene Stromerzeugung der biogenen Anlagen außerhalb der amtlich erfassten Statistik nicht in die Berechnung einbezogen, verringert sich die KWK-Stromerzeugung auf 110 TWh[1]. Gegenüber dem Jahr 2015 ist das in beiden Fällen ein Anstieg um knapp gut 13 TWh.

Tabelle 3: Entwicklung der Netto-KWK-Stromerzeugung

Berichtskreis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	TWh														
Öffentliche Versorgung	50,3	52,4	52,3	54,0	51,9	53,8	50,5	53,4	51,1	48,8	46,6	42,1	42,8	48,4	49,7
Industrielle Kraftwirtschaft	23,5	22,9	25,6	25,8	25,8	25,7	26,6	29,8	28,4	28,2	28,9	29,6	30,8	33,3	34,7
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	73,8	75,3	77,9	79,8	77,6	79,5	77,0	83,2	79,6	77,0	75,4	71,7	73,7	81,7	84,4
BHKW unter 1 MW	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	2,9	3,3	3,8	4,5	5,4	6,5	7,2	8,0	8,4
Nicht erfasste biogene Anlagen	1,9	2,6	3,2	4,9	6,5	7,1	9,3	10,4	10,7	12,0	13,1	14,7	16,0	16,6	17,3
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen [1)]	3,7	4,6	5,2	7,1	8,9	9,8	12,2	13,7	14,5	16,5	18,5	21,2	23,3	24,6	25,7
Gesamte KWK-Stromerzeugung excl. Fermenterbeheizung	77,6	79,9	83,2	86,9	86,6	89,2	89,2	96,9	94,1	93,5	93,9	92,8	96,9	106,2	110,1
Stromerzeugung aus Fermenterbeheizung	1,9	0,2	0,4	0,7	1,9	2,6	3,1	3,6	4,5	5,7	6,1	6,4	6,7	6,9	6,9
Gesamte KWK-Stromerzeugung incl. Fermenterbeheizung	79,5	80,1	83,5	87,6	88,5	91,8	92,3	100,5	98,5	99,2	100,0	99,2	103,6	113,1	117,0

Quellen: Statistisches Bundesamt, AGEE Stat, BHKW-Umfrage Öko-Institut, Öko-Institut und StBA 2018

Anders als in den vergangenen Jahren erfolgte der Anstieg in den Jahren 2016 und 2017 vor allem bei den amtlich erfassten Anlagen der Öffentlichen Versorgung.

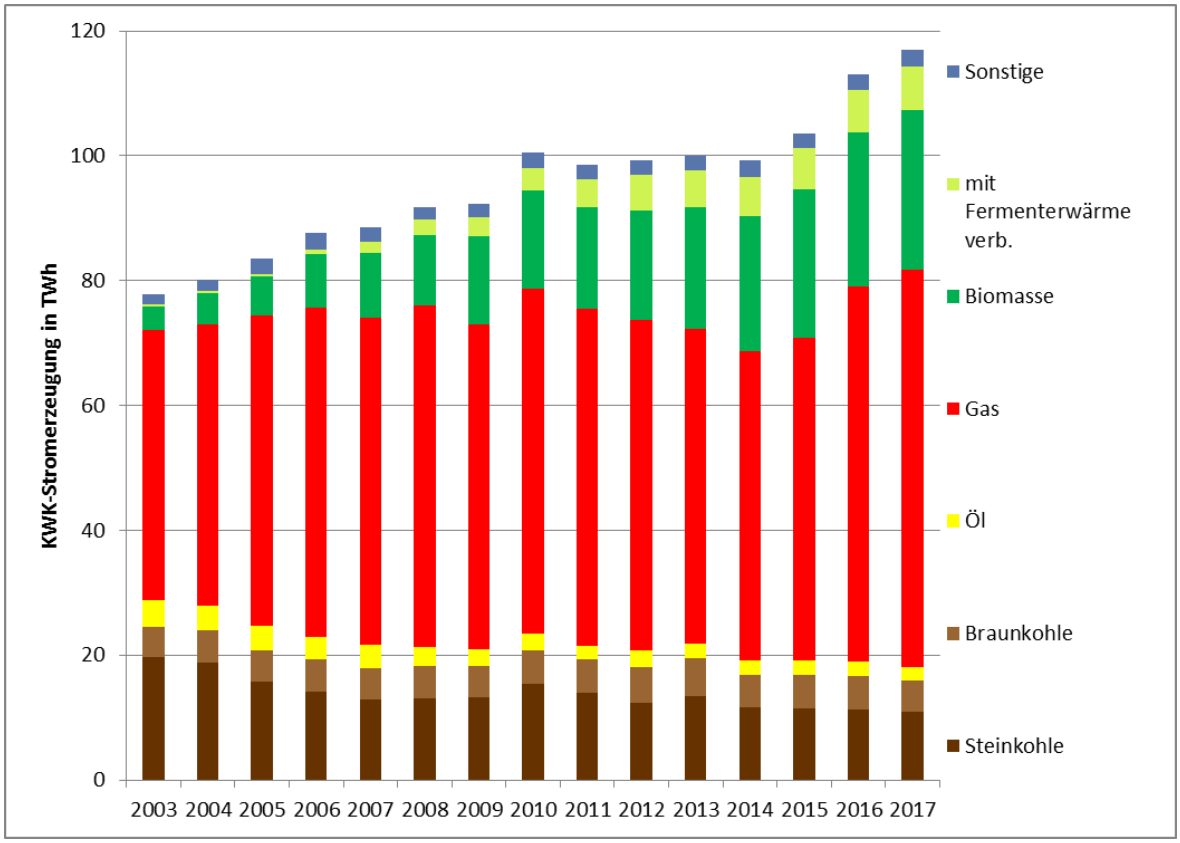
Die gesamte KWK-Stromerzeugung der vom Statistischen Bundesamt erfassten KWK-Anlagen von 2015 auf 2016 um 8,0 TWh angestiegen und von 2016 auf 2017 um 2,8 TWh. 4,1 TWh können davon Neuanlagen über 1 MW zugerechnet werden, die nach dem KWKG gefördert werden und 2016 und 2017 in Betrieb gingen [BAFA 2018]. Gestiegen ist vor allem die Erzeugung von KWK-Strom aus Erdgas. Von 2015 auf 2016 hat die KWK-Erzeugung aus Erdgas sprunghaft um 7,3 TWh zugenommen, von 2016 auf 2017 noch einmal um 3,8 TWh.

Neben allgemein niedrigen Gaspreisen hat auch die leicht kühlere Witterung in den Jahren 2016 und 2017 [Eurostat 2018] die Strom-

[1] Die Wärmeerzeugung für die Fermenter wird in der Betrachtung der AGEB als KWK-Wärme berücksichtigt. Das KWKG definiert „KWK-Strom“ als das rechnerische Produkt aus Nutzwärme und Stromkennzahl. Dabei stellt Nutzwärme die aus einem KWK-Prozess ausgekoppelte Wärme dar, die außerhalb der KWK-Anlage für die Raumheizung, die Warmwasserbereitung, die Kälteerzeugung oder als Prozesswärme verwendet wird. Damit ist die Abgrenzung der „KWK-Anlage“ entscheidend für die Abgrenzung der Nutzwärme. Wird der Fermenter getrennt von der KWK-Anlage betrachtet, ist die KWK-Stromerzeugung um den Betrag zu reduzieren, der mit der Fermentererwärmung im Zusammenhang steht.

und Wärmeerzeugung aus Erdgas befördert. Im Bereich der KWK-Erzeugung hat einerseits ein erheblicher Zubau an großen Gas-KWK-Anlagen den Anstieg bewirkt, aber auch die Bestandsanlagenförderung, die im Jahr 2016 erstmalig gewährt wurde (s. Abschnitt 4.4.1).

Abbildung 1: Entwicklung der KWK-Stromerzeugung nach Brennstoffen



Quellen: Statistisches Bundesamt, AGEE Stat, BHKW-Umfrage Öko-Institut, Öko-Institut und StBA 2018

Während die KWK-Stromerzeugung aus Erdgas von 2015 auf 2017 um gut 11 TWh anstieg, ist nach den Daten des Statistischen Bundesamtes, gleichzeitig auch die ungekoppelte Stromerzeugung aus Erdgas um fast 16 TWh angestiegen, bei leicht gesunkener Netto-Gesamt-Stromerzeugung.

Mit der KWK-Stromerzeugung stieg auch die KWK-Wärmeerzeugung. Dieser Anstieg vollzog sich allerdings deutlich weniger stark. Insgesamt wurden im Jahr 2017 rund 226 TWh KWK-Wärme erzeugt. Bezogen auf die Wärmeanwendungen für den Endenergieverbrauch in Deutschland (in Höhe von 4.735 PJ bzw. 1.315 TWh, s.a. Tabelle 11) liegt damit der KWK-Anteil bei etwa 17,1 %.

Tabelle 4: Entwicklung der KWK-Wärmeerzeugung

Berichtskreis	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	TWh														
Allgemeine Versorgung	94,0	100,2	101,4	102,9	96,7	98,7	95,4	100,9	93,1	96,0	96,9	88,5	91,0	94,5	94,5
Industrielle Kraftwirtschaft	82,0	77,5	80,0	78,3	79,8	79,5	79,3	86,9	84,4	84,1	84,8	83,8	87,2	90,9	92,0
Summe der amtlich erfassten Erzeugung	175,9	177,7	181,4	181,2	176,5	178,3	174,6	187,7	177,5	180,1	181,7	172,3	178,1	185,5	186,5
BHKW unter 1 MW	2,8	3,0	3,2	3,4	3,8	4,1	4,5	5,0	5,9	7,0	8,3	9,9	11,1	12,3	12,9
Nicht erfasste biogene Anlagen	4,1	6,0	6,7	9,2	10,7	12,6	14,4	16,4	15,5	16,6	16,8	17,8	19,1	18,5	19,3
Nicht-erfasste BHKW und nicht-erfasste biogene Anlagen [1)]	6,9	9,0	9,9	12,7	14,4	16,7	18,9	21,4	21,4	23,5	25,1	27,7	30,2	30,8	32,2
Gesamte KWK-Wärmeerzeugung excl. Fermenterbeheizung	182,9	186,6	191,3	193,8	190,9	194,9	193,5	209,2	198,8	203,6	206,8	200,0	208,3	216,2	218,7
Wärmeerzeugung aus Fermenterbeheizung	0,4	0,3	0,4	0,8	2,1	2,6	3,1	3,6	4,5	5,7	6,1	6,4	6,7	6,9	6,9
Gesamte KWK-Wärmeerzeugung incl. Fermenterbeheizung	183,3	186,9	191,7	194,7	193,0	197,5	196,6	212,8	203,3	209,3	212,8	206,4	215,0	223,1	225,6

Quellen: Statistisches Bundesamt, AGEE Stat, BHKW-Umfrage Öko-Institut,

Im Juni 2018 wurde im Rahmen dieses Projekts festgestellt, dass bei der Berichterstattung einzelner KWK-Anlagen für die amtliche Statistik nennenswerte Mengen an Kondensationsstrom als KWK-Strom berichtet wurden. In den Überarbeitungen der KWK-Statistik für den vorliegenden Evaluierungsbericht wurden diese Mengen für die Jahre 2012-2017 abgeschätzt und entsprechend von der berichteten KWK-Erzeugung sowie den Brennstoffmengen abgezogen. Die Abschätzung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt auf Basis der dort verfügbaren berichteten Zahlen einzelner Anlagen [Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018]..

Nach dem derzeitigen Stand bedeutet dies eine Reduktion der KWK-Gesamtstromerzeugung um 8,2 TWh gegenüber der ursprünglichen amtlichen Statistik. Die Reduktion setzt sich für das Jahr 2017 wie folgt zusammen:

5,8 TWh der KWK-Stromerzeugung in der öffentlichen Versorgung und 2,4 TWh der KWK-Stromerzeugung in der industriellen Kraftwirtschaft.

Mit der Berichterstattung im Jahr 2019 sollten neu eingeführte Plausibilitätschecks dazu führen, dass keine Korrekturen ab dem Berichtsjahr 2018 erforderlich sein werden. Eine Überarbeitung der Korrekturen der Jahre 2012-2017 auf Basis besserer, verfügbarer Informationen der betreffenden Anlagen wird in Erwägung gezogen werden.

Im Anhang dieses Berichts sind Kennzahlen der Öffentlichen Versorgung und der Industriellen Kraftwirtschaft nach Brennstoffen unterschieden als Zeitreihe dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass der Gesamtnutzungsgrad relativ konstant ist und in der Industriellen Kraftwirtschaft etwas höher liegt als in der Öffentlichen Versorgung. Der elektrische Nutzungsgrad, der die KWK-

Stromerzeugung ins Verhältnis zum eingesetzten Brennstoff setzt, ist in der Öffentlichen Versorgung etwas höher als in der Industrie. In Bezug auf den thermischen Nutzungsgrad ist das Verhältnis andersherum, in der Industrie liegt dieser höher als in der Öffentlichen Versorgung.

Die durchschnittliche Stromkennzahl, also das Verhältnis der KWK-Strom- zur Wärmeerzeugung, ist bei den Kraftwerken der Öffentlichen Versorgung deutlich angestiegen. Besonders im Gasbereich haben neue Kraftwerke hohe Stromkennzahlen. Durch den Zubau der neuen Großkraftwerke ist der Wert der durchschnittlichen Stromkennzahl erheblich angestiegen. Die höhere durchschnittliche Stromkennzahl erklärt den deutlich geringeren Anstieg der KWK-Wärmeerzeugung im Vergleich zu dem der KWK-Stromerzeugung. Allerdings liegt dieser Durchschnittswert, ebenso wie die durchschnittlichen Nutzungsgrade, deutlich unter den Auslegungsparametern von Neuanlagen. Z.B. weisen neue GuD-Anlagen Gesamtwirkungsgrade von 85% und Stromkennzahlen von bis zu 1,5 auf.

4.1.3 Bestehende KWK-Anlagen und -Leistungen

In [Öko-Institut 2015] wurde die installierte KWK-Leistung mit statistischen Methoden auf 33,4 GWel geschätzt. Unter der „KWK-Leistung“ wird die elektrische installierte Netto-Engpassleistung einer Anlage verstanden, die der maximalen elektrischen Leistung bei gleichzeitiger maximaler Wärmeauskopplung entspricht. Dabei wird nur derjenige Anteil der elektrischen Leistung betrachtet, der direkt mit der Wärmeauskopplung verbunden ist, die „KWK-Scheibe“. Der Anteil der elektrischen Leistung, der sich ausschließlich auf die Erzeugung von Strom bezieht (Kondensations-Anteil, im Folgenden „Kond-Leistung“), wird nicht berücksichtigt. Der Begriff der „elektrischen Leistung der KWK-Anlage“ hingegen summiert beide Leistungsanteile.

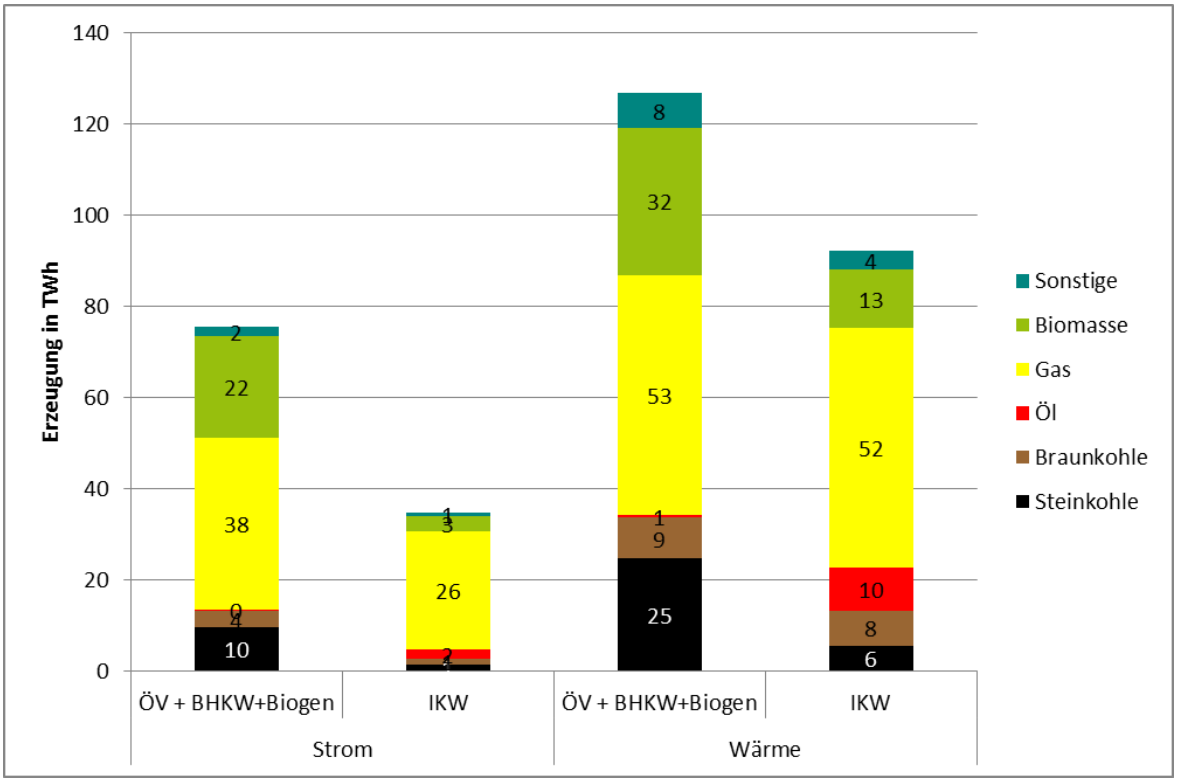
Die Abschätzung der KWK-Leistung auf Basis der statistischen Daten erfordert die Einbeziehung zahlreicher Annahmen, darunter Annahmen zur üblichen KWK-Leistung verschiedener Anlagentypen, deren Vollbenutzungsstunden und deren Zuordnung zur Brennstoffarten. Dem Vorzuziehen ist ein Vorgehen, das möglichst auf einer Aggregierung auf Anlagenebene beruht. Im Marktstammdatenregister wird die KWK-Leistung aller Anlagen erhoben. Diese Datenbasis wird in den kommenden Monaten zur Verfügung stehen. Deren Auswertung und etwaige punktuelle Ergänzung wird einen sichereren Überblick über die gesamte KWK-Leistung in Deutschland und deren Entwicklung ermöglichen als es die Auswertung der statistischen Daten auf dem hochaggregierten Niveau vermag.

Von besonderem klimapolitischem Interesse ist die Erzeugung von Strom und Wärme in Kohle-KWK-Anlagen. Diese emittieren deutlich mehr CO_2 als gasbetriebene KWK-Anlagen, was z.B. durch die spezifischen Emissionsfaktoren ersichtlich wird (s. Tabelle 16).

Da ein möglicher Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen an einen Ersatz der Wärmerzeugung gebunden ist, steht diese verstärkt im Mittelpunkt der Diskussion.

Im Jahr 2017 betrug die statistisch berichtete KWK-Wärmeproduktion aus Steinkohlekraftwerken ca. 30 TWh. Braunkohlekraftwerke produzierten rund 17 TWh. Die Steinkohlekraftwerke gehören überwiegend zu der Öffentlichen (ÖV, 24,6 TWh). Dem industriellen Sektor (industrielle Kraftwirtschaft, IKW) werden nur 5,6 TWh zugeschrieben. Bei den Braunkohlekraftwerken wird über eine Wärmeproduktion von 8 TWh in der industriellen Kraftwirtschaft (IKW) berichtet und nur 9 TWh in der Öffentlichen Versorgung.

Abbildung 2: Produktion der KWK-Anlagen im Jahr 2017



Quelle: Statistisches Bundesamt, AGEE Stat, BHKW-Umfrage Öko-Institut, Eigene Berechnung Öko-Institut

Bisher liegen wenige Informationen vor, wie sich die KWK-Wärmeerzeugung in Deutschland auf einzelne Blöcke aufteilt. Die Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur (BNetzA) gibt nur an, ob ein Kraftwerksblock überhaupt Wärme auskoppelt. Eine Angabe über die Größe der Auskopplungskapazität fehlt jedoch. Die Kraftwerksliste des Umweltbundesamts enthält für Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung über 100 MW eine Angabe zur thermischen Wärmeauskopplungskapazität in MW („Fernwärmeleistung“). Es liegen aber keine Angaben dazu vor, in welchem Umfang diese Auskopplungsmöglichkeit genutzt wird.

Die Einschätzung der Wärmeproduktion von großen KWK-Anlagen muss blockscharf erfolgen, da sich die einzelnen Blöcke einer

Anlage erheblich in Bezug auf die eingesetzten Brennstoffe, die Technologie und die Wirkungsgrade unterscheiden können. Um auf Basis von verfügbaren Daten eine blockscharfe Wärmeproduktion zu ermitteln, wurden die Zuteilungsmengen im EU-Emissionshandel im Jahr 2014 verwendet. Seit 2013 erfolgt eine kostenlose Zuteilung von Zertifikaten nur noch für die Wärmeproduktion von KWK-Anlagen und nicht mehr für die Stromproduktion. Die historische Basisperiode für die kostenlose Zuteilung basiert für den Großteil der KWK-Anlagen auf den historischen Produktionszahlen im Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2008 oder 2008 bis 2009 (§ 8 Abs. 1 ZuV 2020). Um eine möglichst große Zahl von kostenlosen Zertifikaten zu erhalten, werden die Betreiber aus den beiden Basisperioden den Zeitraum gewählt haben, in dem sie eine höhere Wärmeproduktion hatten. Die über den Emissionshandel ermittelten Wärmeproduktionsmengen spiegeln also die Wärmeproduktion vor etwa zehn Jahren wieder. Dennoch passen die Angaben mit den Informationen aus der Statistik zusammen. Im Jahr 2015 betrug die vom Statistischen Bundesamt veröffentliche KWK-Wärmeproduktion von Steinkohle-KWK-Anlagen 32 TWh. Die aus den Emissionshandelsdaten ermittelten Zahlen führen in Summe zu einer Wärmeproduktion von 36 TWh. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass bei dieser anlagenscharfen Betrachtung das Kraftwerk Datteln bereits mit einer voraussichtlichen Wärmeproduktion von 1,3 TWh enthalten ist, obwohl es frühestens 2019 in Betrieb gehen wird. Ohne Datteln beträgt die blockscharf ermittelte Wärmeproduktion von Steinkohle-KWK-Anlagen 34,3 TWh und liegt damit ca. 6% über dem real in der Statistik im Jahr 2015 beobachteten Wert. Diese Abweichung liegt im Unsicherheitsbereich, der auch durch das Wetter bestimmt wird. Im Bereich der Braunkohle wird das Kraftwerk Goldenberg in den blockscharfen Daten nicht mehr erfasst. Die Wärmeproduktion des Kraftwerks Goldenberg betrug jährlich ca. 0,9 TWh. Unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Wärmeproduktion passen die über den Emissionshandel ermittelten Zahlen (17 TWh) recht gut zu den statistischen Daten (18 TWh in 2015).

Tabelle 5: Vergleich der statistischen und blockscharf ermittelten Wärmeproduktion der Steinkohle und Braunkohle-KWK-Anlagen

TWh_{th}	Stilllegung angekündigt	1990 oder früher	1991-2000	2001-2010	2011-2019	Gesamt (mit Stilllegungen)	Gesamt (ohne Stilllegungen)	Statistik 2015
Summe Kohle	**5,3**	**28,5**	**12,4**	**0,9**	**4,6**	**51,6**	**46,3**	**50,2**
Nord	0,9	5,3	2,4	0,0	0,0	8,6	7,7	
Ost	2,6	5,2	5,8	0,0	0,0	13,6	11,0	
NRW	1,3	12,9	1,1	0,6	1,8	17,6	16,3	
Süd	0,4	5,1	3,1	0,3	2,8	11,8	11,3	
Summe Steinkohle	**3,1**	**22,1**	**5,8**	**0,3**	**4,4**	**35,7**	**32,6**	**32,2**
Nord	0,9	5,3	2,4	0,0	0,0	8,6	7,7	
Ost	0,4	2,7	0,2	0,0	0,0	3,4	2,9	
NRW	1,3	9,3	0,0	0,0	1,6	12,2	10,9	
Süd	0,4	4,9	3,1	0,3	2,8	11,6	11,2	
Summe Braunkohle	**2,2**	**6,3**	**6,6**	**0,6**	**0,2**	**15,9**	**13,7**	**18,0**
Nord	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ost	2,2	2,5	5,5	0,0	0,0	10,3	8,1	
NRW	0,0	3,6	1,1	0,6	0,2	5,4	5,4	
Süd	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	

Quellen: BNetzA, EUTL, Destatis, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Die einzelnen Bundesländer wurden den Regionen Nord, Ost, NRW und Süd wie folgt zugeordnet:

- Nord: Bremen, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein
- Ost: Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen
- NRW: Nordrhein-Westfalen
- Süd: Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland

Braunkohle-KWK-Anlagen

Derzeit ist absehbar, dass die KWK-Wärmeproduktion der Braunkohle-KWK-Anlagen auf etwa 14 TWh sinken wird: Mitte des Jahres 2017 wurde das Heizkraftwerk Klingenberg in Berlin von Braunkohle auf Erdgas umgestellt. Auch die Erzeugung im Kraftwerk Goldenberg wurde bereits auf die reine Dampferzeugung für einen einzelnen Kunden reduziert[2,3].

Die Wärmeproduktion aus Braunkohle-KWK-Anlagen stammt zu etwa einem Drittel aus stromgeführten Kraftwerken, zu zwei Dritteln aus wärmegeführten Kraftwerken. In den folgenden Tabellen sind die großen Kraftwerke teilweise blockscharf dargestellt.

[2] https://www.rundschau-online.de/region/rhein-erft/rwe-power-ag-goldenbergkraftwerk-geht-vom-netz-3084354.

[3] https://www.ksta.de/region/rhein-erft/huerth/rwe-kraftwerk-in-huerth-goldenberg-dampft-weiterhin-788384.

Tabelle 6: Aktueller Anlagenbestand: Braunkohle-KWK-Wärmeproduktion in stromgeführten Kraftwerken

Kraftwerksname	Unternehmen	Bundesland	IBN	Leistung MW_{el}	Wärmemenge TWh_{th}
Schwarze Pumpe	LEAG	Brandenburg	1997/1998	1.500	1,8
Schkopau	Uniper/LEAG	Sachsen-Anhalt	1996	900	1,3
Lippendorf	LEAG/EnBW	Sachsen	1999/2000	1.750	1,0
Weisweiler	RWE Power	NRW	1965-1975	1.800	0,4
Jänschwalde	LEAG	Brandenburg	1981-1985	1.860	0,3
Boxberg	LEAG	Sachsen	1979-2012	2.427	0,1
Neurath	RWE Power	NRW	1972-2012	3.876	0,1
Niederaußem	RWE Power	NRW	1965-2002	2.836	0,1
Summe Großkraftwerke				**16.949**	**5,1**
davon ab 1990				11.539	
davon vor 1990				3.660	

Quellen: BNetzA, EUTL, Destatis, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Tabelle 7: Aktueller Anlagenbestand: Braunkohle-KWK-Wärmeproduktion in wärmegeführten Kraftwerken

Unternehmen	Kraftwerksname	Bundesland	IBN	Leistung MW_{el}	Wärme-menge TWh_{th}	Veredelung TWh_{th}
Vattenfall	Klingenberg	BE	1981	164	2,2	
eins energie in sachsen	HKW Chemnitz B	SN	1988	57	0,5	
eins energie in sachsen	HKW Chemnitz C	SN	1990	91	0,9	
Stadtwerke Cottbus	HKW Cottbus 1	BB	1999	74	0,4	
Kraftwerk Dessau GmbH	Kraftwerk Dessau	ST	1996	49	0,4	
Mibrag	Deuben	ST	1936	67	0,2	Veredelung
Stadtwerke Frankfurt (Oder)	HKW am Hohen Feld	BB	1997	45	0,3	Veredelung
RWE	Frechen Wachtberg	NW	1959	118	1,3	Veredelung
RWE Power AG	Ville Berrenrath	NW	1991	52	0,5	Veredelung
Städtische Werke Kassel	Kassel	HE	1988	34	0,2	
RheinEnergie AG	HKW Merkenich 6	NW	2010	75	0,3	
RWE Power AG	Fortuna Nord	NW	1984	15	0,7	Veredelung
Mibrag	Wählitz	ST	1994	31	0,1	Veredelung
Smurfit Kappa Zülpich Papier	Kohlekraftwerk K06	NW	2010	14	0,4	
Pfeifer & Langen	P&L Werk Euskirchen Kess	NW	2013	15	0,2	
Pfeifer & Langen	P&L Werk Jülich Kessel 5	NW	2004	25	0,3	
Pfeifer & Langen	P&L Werk Könnern Kessel	ST	1993	20	0,2	
Martinswerk GmbH	Kraftwerk K2 TG2	NW	1995	10	0,5	
Südzucker AG Mannheim/Ochser	Zeitz	ST	1993	19	0,2	
Sachtleben Chemie	HKW Sachtleben	NW	1962	28	0,4	
ROMONTA GmbH	Grubenheizkraftwerk	ST	1979	49	0,5	Veredelung
Papierfabrik Schoellershammer	Kessel 4	NW	1983	9	0,2	
Summe Anlagen < 200 MW				925	11,0	
Summe Anlagen ohne Klingenberg				761	8,8	
davon vor 1990 in Betrieb genommen				290	4,1	
davon ab 1990 in Betrieb genommen				471	4,7	
Summe Veredelung				377	3,7	

Anmerkung: Wenn Rohbraunkohle zu Brikett oder Braunkohlenstaub weiterverarbeitet wird, spricht man von „Veredelung". Für die Braunkohleveredelungsanlagen wird Prozessdampf benötigt, in erster Linie um die Braunkohle zu trocknen.

Quellen: BNetzA, EUTL, Destatis, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Steinkohle-KWK-Anlagen

Für die Betrachtung der Steinkohle-Kraftwerke wird im Folgenden zwischen KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung und industriellen KWK-Anlagen differenziert:

- KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung speisen in der Regel die gesamte Wärme in Fernwärmenetze ein. Das Wärmeverbrauchsprofil richtet sich nach dem Heizenergiebedarf, die Eigenstromversorgung spielt keine Rolle.
- Die industriellen KWK-Anlagen produzieren in der Regel Prozessdampf auf höherem Temperaturniveau. Die Wärmenachfrage weist im Allgemeinen ein Grundlastprofil auf, das von kontinuierlichen Produktionsprozessen und weniger vom Heizenergiebedarf geprägt ist. Die Eigenstromversorgung ist bei industriellen Anlagen der Regelfall. Aufgrund des höheren Temperaturniveaus bei der Wärmeauskopplung und des Grundlastprofils ist die installierte elektrische Leistung der industriellen KWK-Anlagen im Vergleich zu ihrer Wärmeproduktion eher klein. Die Zahl der Vollbenutzungsstunden ist im Vergleich zu den Zahlen der Anlagen in der Öffentlichen Versorgung eher hoch.

Eine trennscharfe Definition industrieller Anlagen existiert nicht. Für die Meldung beim Statistischen Bundesamt ist der Betreiber ausschlaggebend. Wenn ein Energieversorger als Contractor die Anlage betreibt und einen industriellen Verbraucher mit Prozessdampf beliefert, dann wird diese KWK-Anlage statistisch als Anlage der öffentlichen Versorgung erfasst. Dies führt dazu, dass in der Statistik vom Statistischen Bundesamt der Umfang der industriellen KWK-Stromerzeugung insbesondere aus Steinkohle tendenziell unterschätzt wird. Für die folgende Auswertung wurden alle Steinkohle-KWK-Anlagen blockscharf analysiert und überprüft, ob hauptsächlich Wärme/Prozessdampf an die Industrie geliefert wird. Bezogen auf die Wärmeauskopplung sind drei der fünf größten Steinkohle-KWK-Anlagen der Industrie zuzuordnen. Die großen Steinkohle-KWK-Wärmeproduzenten sind die Versorger von Chemieparks in NRW.

Steinkohle-KWK-Anlagen in der Industrie

Viele industrielle Steinkohle-KWK-Anlagen produzieren am Rhein, häufig in Nordrhein-Westfalen.

Tabelle 8: Aktueller Anlagenbestand: Steinkohle KWK-Anlagen in der Industrie

Unternehmen	Kraftwerksname	Ort	Bundesland	Block	IBN	Leistung MW_{el}	Wärmemenge TWh_{th}
Currenta GmbH & Co. OHG	G-Kraftwerk	Leverkusen	NW		1962	103	2,1
Solvay Chemicals GmbH	Solvay Kraftwerk	Rheinberg	NW		1975	79	1,6
Currenta GmbH & Co. OHG	Kraftwerk N 230	Krefeld-Uerdingen	NW		1971	110	1,0
Infraserv GmbH	Heizkraftwerk	Höchst	HE	Block B	1989	66	0,7
Evonik Degussa GmbH	Kraftwerk I	Marl	NW	Block 5	1983	60	0,6
Sappi Stockstadt GmbH	Heizkraftwerk de	Stockstadt	BY		1969	25	0,6
Evonik Degussa GmbH	Kraftwerk I	Marl	NW	Block 4	1971	55	0,5
Stadtwerke Hannover AG	GKH	Hannover	NI	Block1	1989	136	0,5
Currenta GmbH & Co. OHG	Kraftwerk L 57	Krefeld-Uerdingen	NW		1957	26	0,5
Volkswagen AG	HKW Nord	Wolfsburg	NI	A	2000	62	0,5
Volkswagen AG	HKW Nord	Wolfsburg	NI	B	2000	62	0,5
Koehler SE		Oberkirch	BW		1986	20	0,4
Reno De Medici Arnsberg Gı	Reno De Medici	Arnsberg	NW		1923	19	0,4
Volkswagen AG	HKW West	Wolfsburg	NI	Block 1	1985	139	0,4
Volkswagen AG	HKW West	Wolfsburg	NI	Block 2	1985	139	0,4
						1.099	10,6

Anmerkung: Anlagen der Currenta in Leverkusen (G-Kraftwerk) enthalten ggf. noch Wärmeerzeugung aus mitgenehmigten Erdgas-Kesseln
Quelle: BNetzA, EUTL, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Mit Ausnahme der kleineren Blöcke von Volkswagen wurden die Steinkohle-KWK-Anlagen in der Industrie vor 1990 errichtet. Unabhängig von klimapolitischen Erwägungen besteht also technisch bedingt Erneuerungsbedarf.

Öffentliche Steinkohle-KWK-Anlagen

Die KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung sind im Vergleich zu den industriellen Anlagen gleichmäßiger über Deutschland verteilt. Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 100 MW_{el} sind in Tabelle 9 dargestellt, kleinere in Tabelle 10. Kraftwerke mit sehr geringer Wärmeauskopplung von weniger als 0,2 TWh pro Jahr fehlen in den Übersichten. In Summe wird deren Fernwärmeproduktion auf nur 0,7 TWh abgeschätzt.

Tabelle 9: Aktueller Anlagenbestand: Steinkohle-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung> 100 MW mit einer KWK-Wärmeproduktion > 0,2 TWh

Unternehmen	Kraftwerksname	Bundesland	IBN	Leistung MW_{el}	Wärme-menge TWh_{th}
GkM	GKM Block 9	BW	2015	843	2,3
SWM Services	München Nord 2	BY	1991	333	2,0
Uniper	Datteln 4	NW	2019	1.055	1,3
Vattenfall	Tiefstack	HH	1993	194	1,2
Vattenfall	Reuter West D	BE	1987	282	1,0
Vattenfall	Reuter West E	BE	1988	282	1,0
Steag	Herne 4	NW	1989	449	0,8
Vattenfall	Wedel 1	SH	1961	137	0,8
Vattenfall	Wedel 2	SH	1962	123	0,7
EnBW	Altbach Deizisau Block 2	BW	1997	336	0,6
swb Erzeugung	KW Hastedt Block 15	HB	1989	119	0,6
Stadtwerke Hannover	GKH-Hannover 2	NI	1989	136	0,5
Steag	HKV Völklingen-Fenne	SL	1989	211	0,5
EnBW	Karlsruhe RDK 8	BW	2014	842	0,4
Uniper	Scholven C	NW	1969	345	0,4
Uniper	Scholven B	NW	1968	345	0,4
GkM	GKM Block 6	BW	2005	255	0,3
Steag	Walsum 10	NW	2013	725	0,3
EnBW	Heilbronn HLB 7	BW	1985	778	0,3
Uniper	Staudinger 5	HE	1992	510	0,3
EnBW	Rostock	MV	1994	514	0,2
Summe Anlagen > 100 MW				8.814	16,1
davon vor 1990 in Betrieb genommen				3.207	7,0
davon ab 1990 in Betrieb genommen				5.607	9,1

Quelle: BNetzA, EUTL, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Tabelle 10: Steinkohle-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung; elektrische Leistung < 100 MW

Unternehmen	Kraftwerksname	Bundesland	IBN	Leistung	Wärme-menge
				MW_{el}	TWh_{th}
Braunschweiger Versorgungs	Braunschweig Mitte 1	NI	1984	43	0,9
Vattenfall	Moabit A	BE	1990	89	0,7
Uniper	FWK Buer	NW	1985	70	0,6
Energieversorgung Offenbach AG	Heizkraftwerk Offenbach	HE	1990	54	0,4
Stadtwerke Flensburg GmbH	Flensburg Block 9	SH	1985	33	0,3
Fernwärme Ulm GmbH	Ulm Magirusstrasse	BW	1978	21	0,3
Stadtwerke Flensburg GmbH	Flensburg Block 10	SH	1988	29	0,3
Stadtwerke Flensburg GmbH	HKW Flensburg Block 11	SH	1992	27	0,3
EnBW	Stuttgart-Münst DT12	BW	1982	45	0,2
EnBW	Stuttgart-Münst DT15	BW	1984	45	0,2
Energie SaarLorLux AG	HKW Römerbrücke	SL	1988	50	0,2
Mainova AG	Frankfurt West Block 2	HE	1989	62	0,2
Mainova AG	Frankfurt West Block 3	HE	1989	62	0,2
Stadtwerke Kaiserslautern	HKW Karcherstr 20	RP	1996	13	0,2
Heizkraftwerk Pforzheim GmbH	Pforzheim Wirbels.	BW	1990	27	0,1
Erlanger Stadtwerke AG	HKW Erlangen K6 DT2	BY	1980	17	0,1
Summe Anlagen < 100 MW				687	5,2
davon vor 1990 in Betrieb genommen				476	3,5
davon ab 1990 in Betrieb genommen				210	1,7

Quelle: BNetzA, EUTL, Eigene Berechnungen Öko-Institut

Aus der anlagenscharfen Betrachtung kann geschlussfolgert werden, dass etwa ein Drittel der Steinkohle-KWK-Wärmeproduktion (10,6 TWh) zur Versorgung von Industrieunternehmen verwendet und etwa zwei Drittel in klassische Fernwärmenetze eingespeist wird (21,3 TWh). Der Industrieanteil ist damit etwa doppelt so hoch wie in Abbildung 2 dargestellt ist, die auf den Daten des Statistischen Bundesamtes basiert. Der Grund dafür ist, wie oben beschrieben, dass die Anlagen oftmals von Kontraktoren betrieben werden, die zur Statistik der öffentlichen Versorgung berichten. Die Steinkohle-KWK-Anlagen, die Industrieunternehmen versorgen, wurden fast alle bereits vor 1990 errichtet und verfügen in Summe über eine installierte elektrische Leistung von etwa 1 GW_{el}.

Bei der auf Steinkohle basierenden KWK-Wärmeproduktion der öffentlichen Versorgung entfällt etwa die Hälfte auf Anlagen, die vor 1990 errichtet wurden. In der öffentlichen Versorgung ist es nicht ganz einfach anzugeben, über welche elektrische Leistung die KWK-Anlagen verfügen. Hintergrund ist, dass einige Kraftwerke über größere „Kond"-Scheiben verfügen und damit stärker als die Industrieanlagen auch zur Stromproduktion vorgesehen sind. Es ist aber zu beobachten, dass die in Tabelle 9 aufgeführten Steinkohlekraftwerke, die vor 1990 errichtet wurden, über eher kleine „Kond"-Scheiben verfügen, mit Ausnahme des Kraftwerks Heilbronn. Größere „Kond"-Scheiben sind eher bei neueren Kraftwerken zu finden und bei Kraftwerken, deren Wärmeauskopplung so niedrig ist, dass sie in Tabelle 9 nicht aufgeführt werden. Ohne das Kraftwerk Heilbronn beträgt die installierte elektrische Leistung der

vor 1990 errichteten öffentlichen Steinkohle-KWK-Anlagen etwa 3 GW. Davon entfällt eine elektrische Leistung von 0,5 GW auf kleine Anlagen mit einer elektrischen Leistung von weniger als 100 MW.

Insgesamt beträgt die installierte Leistung der vor 1990 in Betrieb genommenen Steinkohle-KWK-Anlagen 4 GW (1 GW in der Industrie, 3 GW in der öffentlichen Versorgung). Die Anlagen produzieren in Summe etwa zwei Drittel der Steinkohle-KWK-Wärmeproduktion.

4.1.4 Fernwärmeerzeugung und -anteile am Endenergieverbrauch

In Tabelle 11 ist angeführt, welche Endenergiebedarfsmengen im Jahr 2015 durch die Fernwärme gedeckt wurden. Insgesamt belief sich der Anteil auf 8,7 % am gesamten Endenergie-Verbrauch für Wärme in Deutschland. Fernwärme versorgt vor allem den Sektor der privaten Haushalte (dominierend: Raumwärme) und den Sektor Industrie (dominierend: Prozesswärme). Zum Vergleich sind die Werte der Nutzung der Erneuerbaren Energien im Wärmesektor aufgeführt. Sie weisen höhere Gesamtwerte sowie eine höhere Konzentration auf den Anwendungsfall Raumwärme auf.

Tabelle 11: Struktur des Endenergieverbrauches nach Wärmeanwendungen in 2015

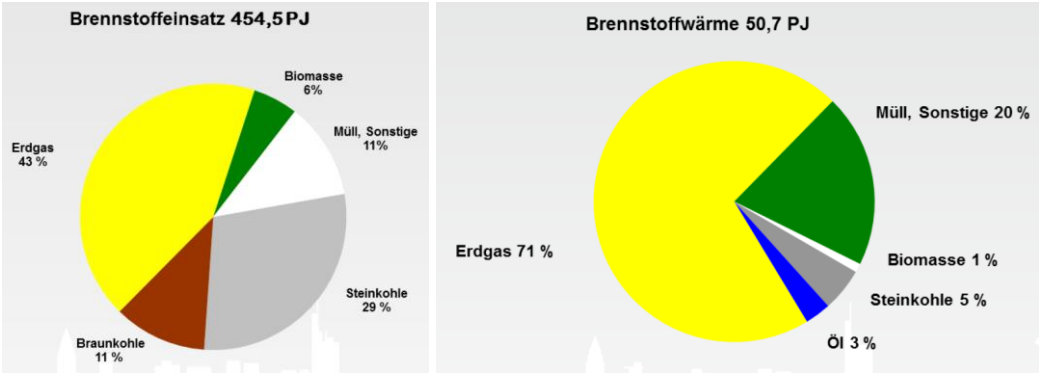
Alle Angaben in PJ		Wärmeanwendungen			
		Raumwärme	Warmwasser	Sonstige Prozesswärme	**Wärme Gesamt**
Fernwärme	**2015**	230	19	163	**413**
Erneuerbare Energien[1]		351	51	99	**501**
Summe EEV		**2.408**	**409**	**1.917**	**4.735**

EEV: Endenergieverbrauch [1] Nur direkte Nutzung, ohne Einsatz in Fernwärme

Quelle: AGEB Anwendungsbilanzen 2016

Die Erzeugung der Fernwärme für die im AGFW-Hauptbericht [AGFW, 2018] erfassten Anlagen ist in Abbildung 3 dargestellt. Demnach wird (bezogen auf den Brennstoffeinsatz 90,0% der Wärme in KWK-Anlagen erzeugt. An der AGFW-Umfrage hatten sich 201 Fernwärme-Versorgungsunternehmen beteiligt.

Abbildung 3: Brennstoffeinsatz in der Fernwärme in 2017 links: Heizkraftwerken / rechts: Heizwerke



Quelle: AGFW-Hauptbericht, 2018

Aufgrund der Auflösung im AGFW-Hauptbericht lässt sich aus den Daten nicht genau ableiten, wie hoch der Anteil der Erneuerbaren Energien ist. Weiterführende Informationen für die Fernwärme bieten Zahlen des Statistischen Bundesamtes [StBA, 2018] (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Anteil erneuerbare Energien an der Fernwärme

TWh	**2015**	**2016**	**2017**
Gesamt	**127**	**130**	**131**
Steinkohlen	30,8	28,3	27,0
Braunkohlen	11,1	10,6	9,4
Mineralölprodukte	1,4	1,4	1,3
Gase	53,0	59,0	61,1
Geothermie	0,2	0,2	0,2
Solarthermie	0,0	0,0	0,0
Feste biogene Stoffe	6,8	7,1	7,1
Flüssige biogene Stoffe	0,0	0,0	0,0
Biogas	2,4	2,5	2,4
Klärgas	0,1	0,1	0,1
Deponiegas	0,1	0,1	0,1
Sonstige erneuerbare Energien	0,0	0,0	0,0
biogener Anteil des Abfalls	8,8	8,9	9,0
Sonstige	12,6	12,1	13,0
fossiler Abfall	10,6	10,6	10,9
Wärme	1,8	1,4	1,9
sonstige	0,1	0,2	0,3
Summe Erneuerbare inkl. biogenem Anteil Abfall	18	19	19
Anteil Erneuerbare inkl. biogenem Anteil Abfall	**14%**	**14%**	**14%**
KWK-Wärme	91,0	94,5	94,5
Anteil KWK-Wärme	**72%**	**73%**	**72%**

Quelle: StBA 064+066

Es ergibt sich ein über die Jahre 2015 bis 2017 konstanter Anteil der erneuerbaren Energien an der Fernwärme von rund 14%. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die biogenen Anteile des Abfalls (Müllverbrennungsanlagen) sowie feste biogene Stoffe. Solarthermische und geothermische Anlagen spielen derzeit noch keine Rolle.

Nach Angaben des Forschungsinstituts solites [Mangold, 2017] waren mit Stand Mai 2017 insgesamt 23 Solarthermieanlagen mit zusammen 49.600 m^2 Kollektorfläche in Wärmenetze eingebunden (rund 95 % davon mit einer Fläche von mehr als 1.000 m^2). In vergleichbarer Größenordnung befanden sich Anlagen in Vorbereitung, Planung oder Realisierung; so dass eine deutliche Marktbelebung zu verzeichnen bzw. zu erwarten ist. Die bisher größte Anlage ist die 2017 in Betrieb genommene, an ein Fernwärme-System angebundene Anlage in Senftenberg mit 8.300 m^2 Kollektorfläche. Gleichwohl muss stets bedacht werden, auf welchem niedrigen Niveau diese Entwicklungen ablaufen. Die Bestandsanlagen repräsentieren zusammen eine thermische Spitzenleistung von etwa 33 MW, was einer Wärmeerzeugung von lediglich rund 0,2 TWh/a entspricht. Wenn die Kollektorfläche der an Fernwärme gekoppelten Bestandsanlagen ins Verhältnis zur gesamten in Deutschland installierten solarthermischen Fläche (19,1 Mio. m^2 nach EE in Zahlen 2017) gesetzt wird, so handelt es sich lediglich um einen Anteil in Höhe von 0,25 %. Das bedeutet, dass der dominierende Anteil der Solarthermieanlagen in der Objektversorgung eingesetzt wird. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich z.B. bei der Geothermie. Seitens der großen Energieversorgungsunternehmen sind die Stadtwerke München der derzeit bekannteste Akteur, der in größerem Ausmaß auf diese Technik setzt und bereits einige Anlagen installiert hat und weitere plant.

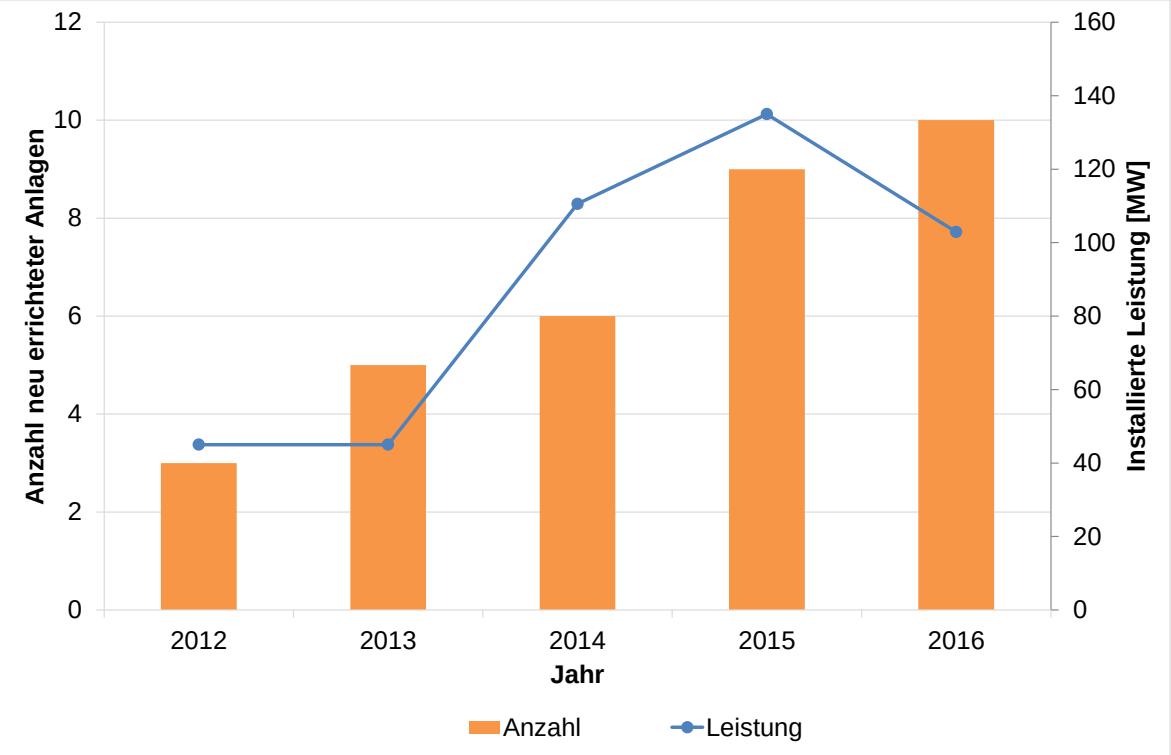
Power-to-Heat-Anlagen

Für die Power-to-Heat-Anlagen, die für die Wärmeversorgung in Wärmenetzen eingesetzt werden, liegen keine statistischen Daten vor, so dass eigene Erhebungen erforderlich waren. Die Datenbasis des nachfolgenden Kapitels basieren u.a. auf einer beim AGFW verfügbaren Übersicht [Huther, 2016], den Ergebnissen des Vorhabens "Wärmenetze 4.0" des Bundeswirtschaftsministeriums, einer Untersuchung der technischen Universität Berlin [TU Berlin, 2017], [BDEW, 2018] sowie zusätzlichen Recherchen des IFAM. In einzelnen Fällen finden sich in den Quellen leicht abweichende Angaben. Die Gesamtleistungen einzelner Elektrokessel wurden bei den Betreibern telefonisch erfragt.

Die Anzahl der Neuerrichtungen von Power-to-Heat Anlagen pro Jahr ist zwischen 2012 bis 2016 von drei auf zehn gestiegen. Insgesamt konnten 33 in diesem Zeitraum installierte Anlagen ermittelt werden (Abbildung 4). Sie wiesen Ende 2016 eine Gesamtleistung von 439 MW_{el} auf, was einer durchschnittlichen Anlagenleistung von 13,8 MW entspricht. Als Anlage wird hierbei immer die Summe der Einzelaggregate an einem Standort bzw. in einem

Fernwärmesystem bezeichnet. Der Mittelwert der jährlich installierten Anlagenleistung weist leichte Schwankungen auf und liegt zwischen 9,0 MW/Anlage in 2013 und 18,4 MW/Anlage in 2014. Zu berücksichtigen ist jedoch die geringe Fallzahl und der daraus resultierende, hohe Einfluss einer Einzelanlage. In 2014 führte die mit 60 MW größte in der Übersicht enthaltene Anlage (3*20 MW, Herne, am ehemaligen Kraftwerk Shamrock) zu dem besonders hohen Mittelwert.

Abbildung 4: Anzahl Neuerrichtungen und installierte Leistung von Power-to-Heat-Anlagen 2012 bis 2016 nach Jahr



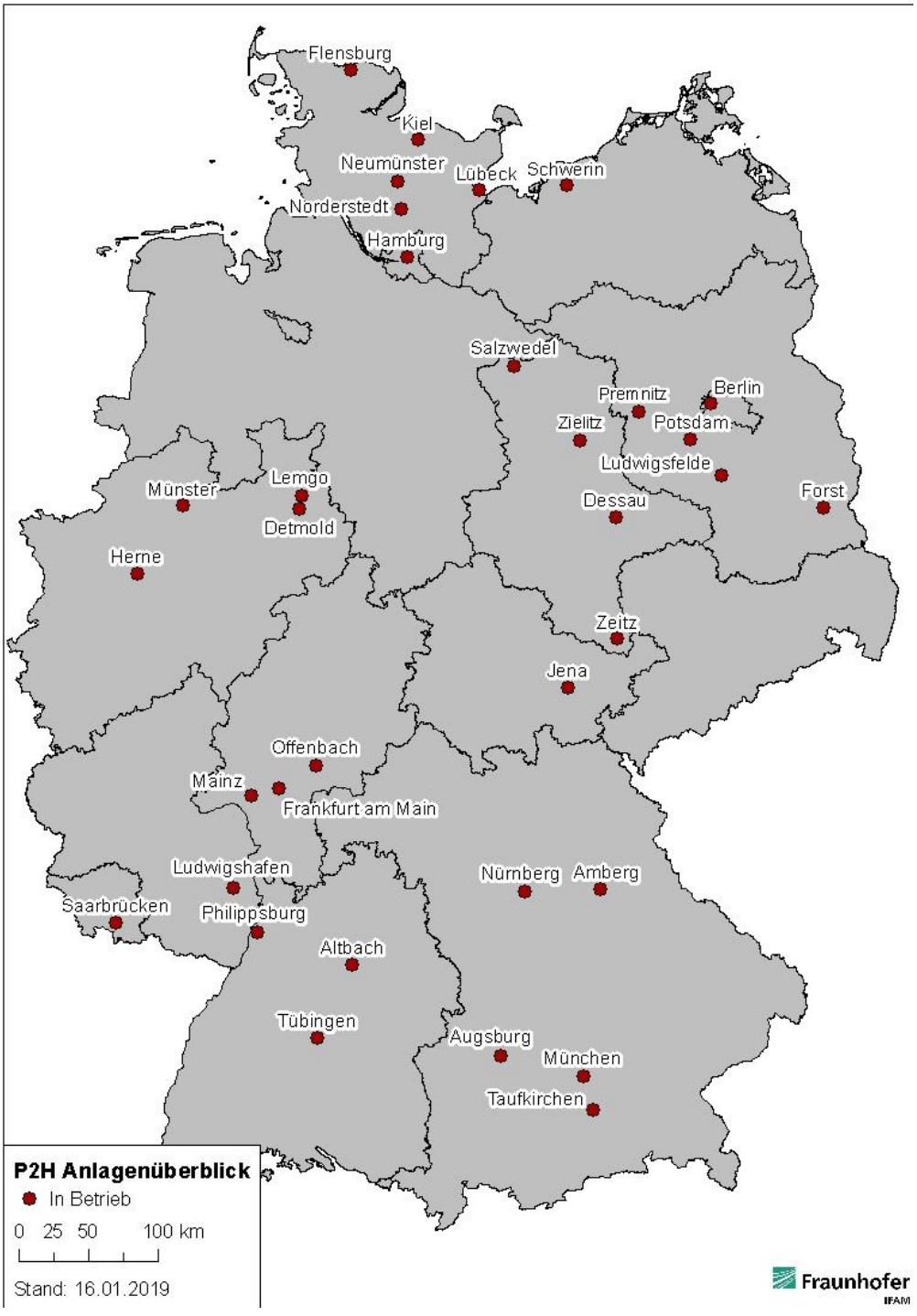
Quelle: IFAM, 2018

Ab 2017 konnte nur eine weitere, in Betrieb gegangene Anlage identifiziert werden. Dieser signifikante Rückgang bei den Neuerrichtungen ist sicher dem Umstand geschuldet, dass ein wirtschaftlicher Betrieb unter den jetzigen Rahmenbedingungen im Regelfall nicht gegeben ist.

Der Gesamtbestand an Power-to-Heat Anlagen in Deutschland lag 2018 in der Größenordnung von 640 MW. Rund zwei Drittel sind in Fernwärmenetze eingebunden. Hauptinvestoren für Power-to-Heat sind somit die wärmenetzbetreibenden Stadtwerke. Etwa ein Viertel der Anlagen entfällt auf die Industrie. Der Vergleich mit den Neuerrichtungszahlen belegt, dass die dominierende Anzahl der Power-to-Heat Anlagen erst ab 2012 errichtet wurden. Mit den in Planung / im Bau befindlichen Projekten würde eine Größenordnung von rund 760 MW erreicht.

Einen Überblick über die räumliche Verteilung der bestehenden Power-to-Heat Anlagen in Deutschland bietet Abbildung 5. Es zeigt sich eine sehr gleichmäßige geographische Verteilung. Details zu den recherchierten Anlagen finden sich in Tabelle 14.

Abbildung 5: Bestehende Power-to-Heat Anlagen in Deutschland



Quelle: IFAM, 2018

Tabelle 13 Übersicht über bestehende Power-to-Heat-Anlagen in Deutschland

Unternehmen	Elektrische Leistung (MW)	Jahr der Inbetriebnahme
Stadtwerke Flensburg	30	2012
Stadtwerke Lemgo	5	2012
VVS Saarbrücken	10	2012
Heizkraftwerk GmbH Mainz	10	2013
KW Philippsburg	5	2013
Stadtwerke München	10	2013
Stadtwerke Schwerin	15	2013
Stadtwerke Tübingen	5	2013
Energieversorgung Offenbach	10	2014
ENRO Ludwigsfelde	15	2014
Stadtwerke Detmold	5	2014
Stadtwerke Forst	0,55	2014
EEW Premnitz	20	2014
uniper KW Shamrock	60	2014
Avacon Natur GmbH, Salzwedel	6	2015
BTB Berlin	6	2015
FHW Neukölln	10	2015
Mainova AG HWK Niederrad	8	2015
N-Ergie Nürnberg	50	2015
Stadtwerke Augsburg	10	2015
Stadtwerke Dessau	5	2015
Stadtwerke Kiel	30	2015
Technische Werke Ludwigshafen	10	2015
Stadtwerke Amberg	1,5	2016
Zielitz	15	2016
Energie und Wasser Potsdam	20	2016
BioEnergie Taufkirchen	5,5	2016
Stadtwerke Jena	4	2016
Stadtwerke Lübeck	2,5	2016
Stadtwerke Münster	22	2016
Stadtwerke Neumünster	20	2016
Stadtwerke Norderstedt	2,4	2016
Südzucker, Standort Zeitz	10	2016
Vattenfall Hamburg	54	2018

Quelle: zusammengestellt von IFAM 2018

4.1.5 Regelungen in der RED II zu Fernwärme

Hinsichtlich der Erhöhung des Anteils aus erneuerbaren Energien in Fernwärmesystemen enthält die Mitte Dezember 2018 in Kraft getretene novellierte Erneuerbare-Energien-Richtlinie („RED II“) eine neue Regelung. Art. 24 Abs. 4 der Richtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten Maßnahmen festzulegen, die sicherzustellen, dass Fernwärmesysteme zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmesektor einen Beitrag leisten. Die Mitgliedsstaaten können zur Umsetzung dieser Verpflichtung zwei Optionen wählen. Entweder ermöglichen sie den Drittzugang zu den Fernwärmenetzen für Anbieter, die Wärme aus erneuerbaren Quellen einspeisen wollen (Art. 24 Abs. 4b)) oder sie „streben an“, den Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen und Abwärme in Fernwärmesystemen um mindestens einen Prozentpunkt pro Jahr zu erhöhen (Art. 24 Abs. 4a). Diese Steigerung muss erst ab dem Jahr 2021 erfolgen. Aus den Formulierungen „streben an“ sowie „voraussichtlich bewirken“ lässt sich zudem entnehmen, dass die Steigerung nicht verbindlich erfolgreich sein muss. Ferner lässt sich aus der ausdrücklichen Nennung der Energieform „Abwärme“ in der Regelung entnehmen, dass auch deren Nutzung zur Steigerung herangezogen werden kann. Näher definiert ist Abwärme in Art. 2 Nr. 9 der Richtlinie als

"unvermeidbare Wärme, die als Nebenprodukt in einer Industrieanlage, in einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und die ungenutzt in Luft oder Wasser abgeleitet werden würde, wo kein Zugang zu einem Fernwärmesystem besteht, in dem ein Kraft-Wärme- Kopplungsprozess genutzt wird, genutzt werden wird oder in dem Kraft-Wärme-Kopplung nicht möglich ist“.

Was im Übrigen zu den Energien aus erneuerbaren Quellen zählt ergibt sich vorrangig aus den Begriffsbestimmungen der Richtlinie in Art. 2 Nr. 1:

„Energie aus erneuerbaren Quellen“ oder „erneuerbare Energie“ Energie aus erneuerbaren, nichtfossilen Energiequellen, das heißt Wind, Sonne (Solarthermie und Photovoltaik), geothermische Energie, Umgebungsenergie, Gezeiten-, Wellen- und sonstige Meeresenergie, Wasserkraft, und Energie aus Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Biogas;“

Es handelt sich um eine abschließende Aufzählung.

Ob Fernwärme aus der thermischen Nutzung von Abfällen nach der Begriffsbestimmung als Wärme aus erneuerbaren Quellen im Sinne der Richtlinie zu qualifizieren ist, lässt sich derzeit noch nicht abschließend beurteilen. Dagegen spricht zunächst, dass Abfälle in Art. 2 Nr. 1 nicht genannt sind. Der Begriff „Abfälle“ wird im Weiteren lediglich bei der Definition von „Biomasse“ in Art. 2 Nr. 24 der Richtlinie genannt:

„Biomasse“ den biologisch abbaubaren Teil von Produkten, Abfällen und Reststoffen biologischen Ursprungs der Landwirtschaft,

einschließlich pflanzlicher und tierischer Stoffe, der Forstwirtschaft und damit verbundener Wirtschaftszweige, einschließlich der Fischerei und der Aquakultur sowie den biologisch abbaubaren Teil von Abfällen, darunter auch Industrie- und Haushaltsabfälle biologischen Ursprungs;“

Aus der Begriffsbestimmung wir deutlich, dass nur Abfälle biogenen Ursprungs als Biomasse und damit als erneuerbare Energie gewertet werden. Hinweise in der Richtlinie, dass auch andere Abfallarten als erneuerbare Energien gelten können, finden sich nicht und würden sich auch nicht mit der Systematik anderer Regelwerke in diesem Bereich decken.

Demnach ist unklar, ob Wärme aus der Verbrennung von Abfällen nicht-biogenen Ursprungs für die Steigerungsquote im Sinne von Art. 24 Abs. 4a) der Richtlinie angerechnet werden kann.

4.1.6 Grundzüge und Bedeutung der geplanten Überführung des Einspeisemanagements von KWK-Anlagen in die Redispatch Regelungen in Art. 13, 13a EnWG

Im Kabinettsbeschluss des Entwurfs eines Gesetzes zur Beschleunigung des Energieleitungsausbaus ist vorgesehen, das Einspeisemanagement für KWK-Anlagen (wie auch für EE-Anlagen) in die Redispatchregelungen der §§ 13, 13a EnWG zu überführen. Dies soll nach dem Willen des Gesetzgebers ein einheitliches Rechtsregime zur Behebung von Netzengpässen schaffen. Hieraus ergeben sich, wenn die Neuregelungen beschlossen werden sollten, für KWK-Anlagen künftig folgende Auswirkungen:

Der in § 3 Abs. 1 KWKG geregelte Einspeisevorrang für KWK-Strom bleibt normativ erhalten, wird durch die Neuregelungen jedoch „moderat“ eingeschränkt. Der Netzbetreiber soll künftig bei Netzengpässen bei seiner Auswahlentscheidung zwischen mehreren, gleich geeigneten Maßnahmen nach § 13 Abs. 2 Satz 2 EnWG die voraussichtlich insgesamt die geringsten Kosten verursachende Maßnahme ergreifen. Wie die Kostenabwägung erfolgen soll, soll für KWK-Anlagen künftig in § 13 Abs. 1b) EnWG geregelt sein.

Der Gesetzgeber unterscheidet hierbei zwischen KWK-Anlagen, bei denen eine elektrische Ersatzwärmeversorgung sichergestellt ist (Nr. 1) und KWK-Anlagen, bei denen dies nicht der Fall ist, die aber dennoch in der Lage sind, den wärmegeführten Teil flexibel zu ersetzen (Nr. 2). Für die erstgenannten Anlagen sind für die Auswahlentscheidung die tatsächlichen Kosten anzusetzen. Dies betrifft KWK-Strom, für den Zuschlagszahlungen nach § 8a KWKG oder eine finanzielle Förderung nach § 8b KWKG gezahlt wird sowie KWK-Strom, für den eine vertragliche Vereinbarung nach § 13 Abs. 6a EnWG („Nutzen statt Abregeln“) besteht. Bei der Kostenbetrachtung sind die Kosten für die Reduzierung des KWK-Stroms

eigenständig und getrennt von den Kosten für die Reduzierung des nicht bevorrechtigten Kondensationsstroms der KWK-Anlage anzusetzen. Da durch die Berücksichtigung der Kosten für den finanziellen Ausgleich der Beeinträchtigung der gekoppelten Wärmeerzeugung zusätzliche Kosten entstehen, soll nach der Ansicht des Gesetzgebers die Abregelung des KWK-Stromanteils dieser Anlagen in der Reihenfolge der Maßnahmen deutlich weiter nach hinten rücken.

Für Anlagen nach § 13 Abs. 1b) Nr. 2 EnWG gelten die Vorschriften für die Kostenabwägung bei EE-Anlagen entsprechend, es sind daher die kalkulatorischen Kosten anzusetzen, wenn die kalkulatorischen Kosten die tatsächlichen Kosten übersteigen. Es gilt jedoch ein Mindestfaktor in Höhe des Fünffachen und höchstens des Fünfzehnfachen, um die Nachrangigkeit des KWK-Stroms gegenüber EE-Strom abzubilden.

Die Teilnahme am regulatorischen Redispatch nach § 13a EnWG soll künftig bereits für KWK-Anlagen ab einer Nennleistung von 100 kW verpflichtend sein. Der Anwendungsbereich wird daher erheblich in die unteren Leistungsklassen ausgeweitet. Die Regelungen zur finanziellen Entschädigung finden sich künftig in § 13a Abs. 2 EnWG und sollen nach der Gesetzesbegründung keine materiellen Änderungen ergeben. Die Anlagenbetreiber sollen daher weiterhin nach den im Wesentlichen gleichen Prinzipien eine Entschädigung für die Heranziehung zu Redispatchmaßnahmen erhalten. Auch der Härtefallausgleich, der bisher in § 15 EEG geregelt ist, bleibt für KWK-Strom erhalten.

In welchem Umfang KWK-Anlagen künftig zu Redispatchmaßnahmen herangezogen werden, ist noch nicht absehbar. In jedem Fall werden die Neuregelungen frühestens zum 1. Oktober 2020 wirksam, da nach Art. 21 Abs. 2 die hier beschriebenen Rechtsänderungen erst zum 1. Oktober 2020 in Kraft treten. Dementsprechend ist die BNetzA befugt mit Wirkung ab diesem Zeitpunkt, den Mindestfaktor nach § 13 Absatz 1 b) Nr. 2 EnWG festzulegen. Zudem sehen die Übergangsvorschriften in § 118 Abs. 26 EnWG vor, dass auf Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 EnWG, die vor dem 1. Oktober 2020 durchgeführt worden sind, die alte Rechtslage anzuwenden ist. Ferner sind für KWK-Anlagen, die vor dem 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden und zum Redispatch herangezogen werden, für die Bestimmung des angemessenen finanziellen Ausgleichs 100 % der entgangenen Einnahmen anzusetzen.

4.2 Primärenergie- und CO_2-Einsparung

Die steigende KWK-Strom- und -Wärmeerzeugung konnte die deutsche Klimabilanz verbessern. Die Emissionseinsparungen durch KWK beliefen sich im Jahr 2017 auf 17 - 54 Mio. t CO_2. Mit sinkenden Emissionsfaktoren der zukünftigen ungekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung nimmt jedoch der emissionsseitige Vorteil von fossilen KWK-Systemen in Zukunft ab (siehe Kapitel 4.2.3)

Die Bestandsanlagenförderung hat zu einer zusätzlichen KWK-Stromerzeugung von etwa 3 TWh geführt, somit hat sie zur positiven Klimabilanz beigetragen (siehe Kapitel 4.2.4).

Der Kohleersatzbonus wurde in den Jahren 2016 und 2017 noch kaum in Anspruch genommen. Es besteht aber ein großes CO_2-Einsparpotenzial: Ersetzt eine Erdgas-KWK-Anlage eine KWK-Anlage auf Basis von Braun- oder Steinkohle, können 40-50% der CO_2-Emissionen eingespart werden (siehe Kapitel 4.2.5).

Der Anteil von Kohle an der gesamten KWK-Stromerzeugung lag im Jahr 2017 noch bei 14%, der Anteil der Biomasse bei 23%. Im Durchschnitt ergeben sich Emissionen in Höhe von 342 g CO_2/kWh für die KWK-Stromerzeugung und 207 g CO_2/kWh für die KWK-Wärmeerzeugung. (siehe Kapitel 4.2.6).

Die Primärenergieeinsparungen lagen in 2016 bei etwa 12 % des Primärenergieeinsatzes der ungekoppelten Erzeugung. Allerdings ist dieser Wert nur eingeschränkt aussagekräftig (siehe Kapitel 4.2.7).

4.2.1 Einleitung

Beim Einsatz fossiler Brennstoffe in der KWK-Erzeugung entstehen CO_2-Emissionen. Durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme wird gegenüber einer ungekoppelten Erzeugung jedoch Brennstoff, also der Einsatz von Primärenergie, eingespart. Die Höhe der Einsparung hängt neben der Effizienz der KWK-Anlagen von den jeweiligen Referenzsystemen ab, die durch die gekoppelte Erzeugung ersetzt werden.

Gekoppelte Erzeugung kann zudem neben CO_2-Emissionen weitere Emissionen wie Schwefeldioxid, Staub und NO_x einsparen. Gerade im städtischen Bereich liegen die Grenzwerte für diese Emissionen niedriger als in ländlichen Gebieten. Die bessere Rauchgasbehandlung der KWK-Anlagen wirkt sich gegenüber Einzelheizungen positiv auf die Luftqualität aus.

Im vorliegenden Kapitel werden die CO_2-Emissionen und die Primärenergieeinsparungen der KWK im Jahr 2017 berechnet.

Dabei wird zunächst die Methode zur Berechnung der CO_2 -Einsparungen vorgestellt (Kapitel 4.2.2). Hier ist insbesondere die Wahl der Referenzsysteme entscheidend für das Ergebnis. Für einzelne KWK-Anlagen lassen sich im Moment der Investition die alternativen Erzeugungsoptionen und damit die Referenzsysteme bestimmen. Die Betriebsweise der Anlage entscheidet dann, wie sich die KWK-Erzeugung in das gesamte Energiesystem einfügt. Um die aggregierten Effekte der gesamten KWK Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland zu ermitteln, müssen Durchschnittswerte herangezogen werden. Diese sollten prognostizierte Änderungen über den Zeitverlauf reflektieren.

Im Folgenden nennt das Kapitel die berechneten CO_2-Einsparungen (Kapitel 4.2.3) und erläutert, inwieweit die Bestandsanlagenförderung (Kapitel 4.3.4) und der Kohleersatzbonus (Kapitel 4.2.5) zu den CO_2-Einsparungen beigetragen haben. Zudem berechnet es die in 2016 dennoch erzeugten CO_2-Emissionen (Kapitel 4.3.6).

Im letzten Unterkapitel errechnet das Kapitel die mit der KWK-Stromproduktion verbundenen Primärenergieeinsparung nach der Energieeffizienzrichtlinie, weist aber auch auf die Schwächen dieser Methodik hin (Kapitel 4.3.7).

4.2.2 Methodik der Abschätzung der CO_2-Einsparung

Für die Berechnung der theoretisch erfolgten **CO_2-Einsparung** müssen die CO_2-Emissionen des Strom- und Wärmereferenzsystems abgeschätzt werden, die durch die KWK-Erzeugung ersetzt worden sind.

Auf der Stromseite gibt es hierfür im Wesentlichen zwei Methoden bei einer aggregierten Betrachtung:

1. Der Verdrängungsmix:
2. Der durchschnittliche Emissionsfaktor des Stromsystems:

Bei der **Methode des Verdrängungsmixes** wird der durchschnittliche spezifische Emissionsfaktor der Kraftwerke abgeschätzt, die in der Merit Order durch den Einsatz der KWK-Anlagen verdrängt werden. Diese Abschätzung ist beliebig kompliziert und basiert idealerweise auf einer detaillierten Modellierung, die auch die zukünftige Situation des Energiesystems berücksichtigen muss. Erheblich robuster ist die Anwendung eines **durchschnittlichen Emissionsfaktors**. Der ist eindeutig für historische Jahre bestimmbar und robuster in der zukünftigen Betrachtung.

Das Methodenpapier zur Bewertung der KWK-Erzeugung (Öko-Institut 2015) schlägt einen differenzierten Ansatz für das Stromsystem vor. Es geht davon aus, dass bei der Frage nach dem Ersatz von Stromerzeugung zunehmend der emissionsfreie

Anteil der Erneuerbaren Energien im Stromsystem zu berücksichtigen ist und die KWK-Erzeugung zunehmend auch fluktuierende Energieträger verdrängt. Daher teilt es die KWK in strommarktorientierte und nicht-strommarktorientierte Erzeugung ein. Bei der strommarktorientierten Erzeugung unterscheidet es wiederum zwischen saisonalem und nicht-saisonalem Betrieb. Für den aktuellen Zeitraum wurden keine oder nur leichte Unterschiede zwischen den drei Kategorien ausgewiesen.

Aktuelle Betrachtungen der von ENTSO-E veröffentlichten Daten zur Stromerzeugung von großen KWK-Anlagen sowie die Quartalsberichte der BNetzA zur Verteilung der EinsMan-Maßnahmen nach Energieträgern [BNetzA 2018] zeigen jedoch, dass KWK-Anlagen häufig produzieren, obwohl zeitgleich eine Abschaltung von Erneuerbaren Energien nach §13.2 EnWG stattfindet. Die Annahme eines reinen Verdrängungsmixes, nach dem Kraftwerke entsprechend der Merit Order verdrängt werden, ist damit nicht haltbar. Auch die prozentualen Abschläge auf den Verdrängungsmix aus Öko-Institut 2015 scheinen damit den tatsächlichen Verhältnissen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Verdrängung fluktuierender Erneuerbarer Energien nicht gerecht zu werden.

Für den Verdrängungsmix in einzelnen Jahren müssen die gesamten Verhältnisse im Stromsystem berücksichtigt werden. Damit ist die Ermittlung des Verdrängungsmixes selbst für die aktuelle Situation, aber noch mehr für zukünftige Jahre, abhängig von den unterlegten wirtschaftlichen und technischen Annahmen, beispielsweise der Kraftwerksverfügbarkeit und der Merit Order in einzelnen Stunden. Verdrängungsmixe variieren damit über die Zeit und haben jeweils ausschließlich Gültigkeit für das jeweilige Jahr bzw. das der Projektion unterlegte Stromsystem, einschließlich der betrachteten KWK-Stromerzeugung.

Die Methode des durchschnittlichen Emissionsfaktors des Stromsystems ist im Vergleich deutlich einfacher: Sie wird oft zur Bewertung anderer Effizienzmaßnahmen oder dem Ausbau Erneuerbarer Energien verwendet und erlaubt damit eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Der durchschnittliche Emissionsfaktor des Stromsystems ist im Gegensatz zum Verdrängungsmix für die historischen Jahre eindeutig zu ermitteln, beinhaltet aber die Produktion der KWK. Für zukünftige Einsparungen muss auch dieser Emissionsfaktor aus geeigneten Projektionen gewonnen werden, wobei dieser Wert weniger abhängig ist vom stündlichen Kraftwerkseinsatz als der Verdrängungsmix und damit als robuster angesehen werden kann.

Die **vorliegende Untersuchung** benutzt zur Bewertung der Emissionseinsparung beide Methoden. Das heißt, sie errechnet die Spanne aus dem Emissionsfaktor des Verdrängungsmixes und dem durchschnittlichen Emissionsfaktor des deutschen Stromsystems:

- Der Emissionsfaktor des deutschen Stromsystems betrug nach [UBA 2018] im Jahr 2017: 489 g/kWh. Dieser Wert wird auch

als Strom-Referenz für die Stromerzeugung in 2017 bei der Methode des durchschnittlichen Emissionsfaktors angesetzt.

- Für die Bewertung der zukünftigen KWK-Erzeugung verwendet die Analyse Modellierungsergebnisse aus dem „Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario“ des Projektes Politikszenarien VIII [BMU 2017]. Hier sinkt der durchschnittliche Emissionsfaktor des deutschen Stromsystems langsam bis zum Jahr 2030, durch den verstärkten Einsatz Erneuerbarer Energien. Innerhalb des Projektes wurden drei verschiedene Szenarien gerechnet. Bis zum Jahr 2020 unterscheiden sie sich kaum, so dass für die aktuelle Betrachtung die Wahl des Szenarios unerheblich ist. Für die Zeit danach ist hier zur Darstellung der möglichen Entwicklung das „Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario“, das etwas höhere Emissionsreduktionen ausweist als das „Mit-Maßnahmen-Szenario“ aber keinen deutlichen Rückgang der Stromerzeugung aus Kohle beinhaltet..
- Für den Verdrängungsmix wurde die in [Öko-Institut 2015] entwickelte Methode auf die Modellierungsergebnisse aus dem „Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario“ des Projektes Politikszenarien VIII [BMU 2017] angewendet.
- Für die Definition des Referenzsystems auf der Wärmeseite wird nach (Öko-Institut 2015) unterschieden in die Versorgung von Haushalten und der Industrie. Hierbei unterscheiden sich die spezifischen Emissionen für die Versorgung von Haushalten und der Industrie schon aktuell vor allem durch den Einsatz von fester Biomasse. Der Unterschied nimmt zukünftig mit dem verstärkten Einsatz von Erneuerbaren Energieträgern im Niedertemperaturbereich weiter zu. Im Hochtemperaturbereich, der als „Industrie“ gekennzeichnet ist, geht die Analyse dabei von einem Referenzsystem auf Gasbasis aus.

Tabelle 15 zeigt die Entwicklung der CO_2-Emissionen, welche für die Methodes des Verdrängungsmixes angesetzt wird:

Tabelle 14: Referenzsysteme zur Berechnung der CO_2-Einsparung

Referenzsysteme in g CO_2/ kWh	**2015**	**2016**	**2017**	**2020**	**2025**	**2030**
Stromerzeugung						
Strommix	528	516	489	463	486	426
Verdrängungsmix	828	*824*	*821*	811	787	750
Wärmeerzeugung						
Haushalte	213	*207*	*202*	185	171	160,8
Industrie	224	224	224	224	224	224

Anmerkung: Kursive Zahlen sind interpoliert.

Quellen: Öko-Institut 2015, UBA Climate change 11/2018, BMU 2017, eigene Berechnungen des Öko-Instituts

Zur Einordnung: Die hiermit angewendete Methodik stellt eine Vereinfachung dar, die eine Berechnung der CO_2-Einsparung auf der aggregierten Ebene ermöglicht. Die Ergebnisse liegen allerdings stets deutlich über den Ergebnissen von Modellierungen, da die Annahme eines vollständigen Ersatzes von ungekoppelten Systemen im derzeitigen Energiesystem nicht gerechtfertigt ist: Ein Grund dafür ist, dass der Stromexport von Deutschland seit 2011 um 49 TWh angestiegen [BMWi 2018] ist, er beträgt seit 2015 über 50 TWh, das heißt etwa 8% der Bruttostromerzeugung. Im gleichen Zeitraum ist die KWK-Stromerzeugung um 16 TWh angestiegen und hat damit – neben anderen Faktoren – zu dem Anstieg der Stromexporte beigetragen. Gleichzeitig sind die nationalen Gesamtemissionen gestiegen. Die Realisierung einer CO_2-Einsparung über den Ersatz von emissionsintensiven Stromerzeugern für die deutsche Emissionsbilanz ist damit nicht ohne Einschränkungen haltbar. In anderen Worten: Mehr KWK-Strom in Deutschland bedeutet nicht notwendigerweise weniger Strom aus ungekoppelten fossilen Kraftwerken, so lange Strom-Exporte vorliegen. Häufig wird einfach mehr Strom (aus KWK oder aus ungekoppelten, fossilen Kraftwerken) exportiert. Entscheidend dabei ist der Zeitpunkt der Erzeugung, der auf der pauschalen, aggregierten Ebene nicht berücksichtigt werden kann. Welche CO_2-Effekte deutschland- und europaweit tatsächlich entstehen, können daher nur Modellergebnisse des Energiesystems zeigen (z.B. Projektionsbericht 2017, BMU 2017).

Ein weiterer Aspekt, der derzeit noch nicht berücksichtigt wird, ist der Ausstoß von Methan durch eine unvollständige Verbrennung von Erdgas bei motorischen Kraftwerken und KWK-Anlagen. Mit der im Jahr 2018 beschlossenen 44. BImSchV gelten ab dem Jahr 2025 niedrigere Grenzwerte für den sogenannten Methanschlupf. Aufgrund des relativ hohen Treibhausgaspotenzials von Methan kann schon der Ausstoß von relativ geringen Mengen die Klimabilanz der entsprechenden Kraftwerke deutlich verschlechtern. Aufgrund von fehlenden Daten wird dieser Aspekt bei den aktuellen Berechnungen nicht berücksichtigt. Dieser Sachverhalt ist in den kommenden Monaten zu klären und in die Betrachtung ggf. einzubeziehen.

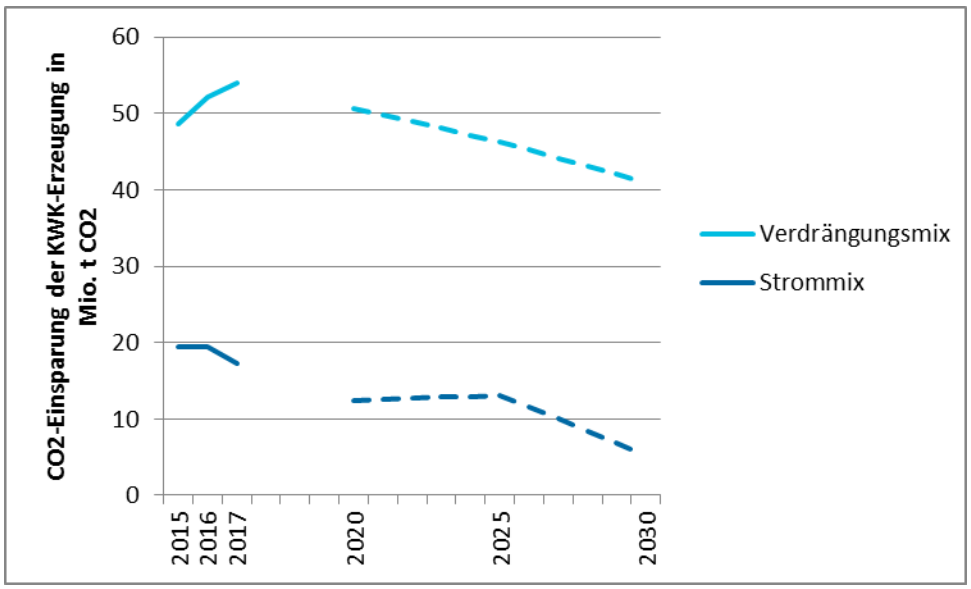
4.2.3 Ergebnis für gesamte KWK-Stromerzeugung

Werden die Emissionen des Referenzsystems wie oben beschrieben berechnet und mit den Emissionen der KWK-Erzeugung nach Abschnitt 4.2.6 verglichen, ergeben sich Einsparungen im Jahr 2017 von 17 bis 54 Mio. t CO_2, je nachdem, ob der Ansatz mit dem Verdrängungsmix oder mit dem durchschnittlichen Emissionsfaktor verwendet wird.

In Abbildung 6 wird der zeitliche Verlauf der CO_2- Einsparung durch die KWK-Erzeugung gezeigt, wobei die KWK-Erzeugung und die Brennstoffzusammensetzung konstant gehalten werden. Mit diesem Ansatz ist der Einfluss der CO_2-Intensität der

ungekoppelten Referenzsysteme in den kommenden Jahren direkt nachvollziehbar.

Abbildung 6: CO_2-Einsparung der KWK-Erzeugung



Annahme: Ab 2017 konstante KWK-Erzeugung und Brennstoffzusammensetzung.

Quelle: Öko-Institut 2019

Werden die Emissionen des Referenzsystems wie oben beschrieben berechnet und mit den Emissionen der KWK-Erzeugung nach Abschnitt 4.2.6 verglichen, ergeben sich Einsparungen im Jahr 2017 von 17 bis 54 Mio. t CO_2, je nachdem, ob der Ansatz mit dem Verdrängungsmix oder mit dem durchschnittlichen Emissionsfaktor verwendet wird.

Zwischen 2015 und 2017 ist die KWK-Erzeugung um insgesamt 24 TWh angestiegen, bei fast 6 Mio. CO_2 zusätzlichen KWK-Emissionen (s. Abbildung 7). Dabei hat der starke Anstieg der KWK-Stromerzeugung von 2015 auf 2017 zu einem Anstieg der CO_2-Einsparung bei der Berechnung nach dem Verdrängungsmix geführt. Bei der Berechnung mit dem Strommix wirkt der sinkende Emissionsfaktor des Strommixes stärker auf das Gesamtergebnis.

Die CO_2-Einsparung ergibt sich grundsätzlich aus drei Elementen: Die Menge der KWK-Erzeugung und die CO_2-Intensität der ungekoppelten Referenzsysteme ergeben die theoretischen Emissionen, die mit den tatsächlichen CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung verrechnet werden. Die Emissionsfaktoren der Referenzsysteme sinken in den kommenden Jahren mit der allgemeinen Dekarbonisierung des Energiesystems (s. Tabelle 14). Der Ersatz von Kohle-KWK durch Gas-KWK führt zu steigenden Einsparungen, da die Emissionen der KWK-Erzeugung sinken. Zudem führen die höheren Stromkennzahlen von Gas-KWK-Anlagen zu einer erhöhten KWK-Stromerzeugung. Da die Emissionsfaktoren der Strom- Referenzsystemen besonders hoch sind, können damit auch die Einsparungen steigen. Das Wechselspiel zwischen den Faktoren ist komplex. Wird z.B. eine KWK-Wärmeerzeugung von je 5 TWh aus Stein- und Braunkohle durch eine KWK-Wärmeerzeugung von 10 TWh aus Erdgas ersetzt (s. Tabelle 15), ergibt sich bei gleichbleibendem Referenzsystemen des Jahres 2017 eine Einsparung von 21 bzw. 58 Mio. t CO_2. Mit

den Referenzsystemen des Jahres 2030 ergeben sich damit Einsparungen von 8 bzw. 45 Mio. t CO_2.

Bei diesen Betrachtungen gilt folgende Einschränkung: Die Effekte der KWK-Stromerzeugung auf die Stromerzeugung des Gesamtsystems, also auf den tatsächlichen Verdrängungsmix bzw. den Strommix, sowie die Stromhandelsbilanz von Deutschland können nur durch detaillierte Modellierungen des Stromsystems ermittelt werden. Sie wurden hier deshalb nicht quantifiziert.

Qualitativ ist jedoch zu berücksichtigen, dass die berechnete Einsparung sich nicht vollständig in der deutschen Emissionsbilanz widerspiegelt, weil ein Teil der Stromerzeugung nicht ersetzt, sondern exportiert wird. Zur Abschätzung der unteren Grenzen des Einspareffektes unter Berücksichtigung der Stromhandelsbilanz wird nur die Differenz zwischen der KWK-Stromerzeugung und der exportierten Strommenge angerechnet als die Menge, die in Deutschland tatsächlich eine Strommenge ersetzte. Damit würden sich für die deutsche Emissionsbilanz negative Einsparungen ergeben, also zusätzliche Emissionen. Diese Emissionen ergeben sich aus einem Mehr an fossiler (KWK-)Stromproduktion. Das würde allerdings bedeuten, dass der exportierte Strom vollständig aus KWK-Strom bestehen würde. Eine korrekte Abschätzung muss den zeitlichen Verlauf der Einspeisung und der Exporte sowie die räumliche Verteilung der Stromerzeugung und -nachfrage berücksichtigen. Ob in Europa durch die KWK-Stromproduktion in Deutschland mehr Emissionen eingespart werden oder nicht, hängt davon ab, ob der exportierte KWK-Strom im europäischen Ausland ungekoppelten, fossilen Kohlestrom, Strom aus Kernkraft oder Strom aus erneuerbaren Energien ersetzt.

4.2.4 Effekt der Bestandsanlagenförderung

Mit dem KWKG 2016 trat die Förderung von Bestandsanlagen in Kraft. Der Betrieb von Gas-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung mit über 2 MW_{el} wird mit einem Bonus unterstützt, um eine Stilllegung dieser Anlagen zu vermeiden und eine Erhöhung ihrer Vollbenutzungsstunden zu ermöglichen. Höhere Vollbenutzungsstunden und damit eine erhöhte Erzeugung werden emissionstechnisch wirksam wie jede andere KWK-Erzeugung. Die mit ihnen verbundene Emissionseinsparung ist ein Teil der in Abschnitt 4.2.3 ausgewiesenen Mengen.

Für die Ermittlung des aktuellen Effektes der Bestandsanlagenförderung ist die durch die Förderung erhöhte KWK-Erzeugung abzuschätzen. Eindeutig bekannt ist nur die gesamte KWK-Stromerzeugung der geförderten Bestandsanlagen. Dabei handelt es sich um vorläufige Zahlen der bereits von der BAFA bewilligten Anlagen (Stand Dezember 2018). Die bereits bewilligten Förderfälle betreffen nur KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung. Aus den Anlagenleistungen lassen sich jährliche Vollbenutzungsstunden im Jahr 2016 und 2017 errechnen (s. Abschnitt 4.4.1). Da nicht bekannt ist, wie viel Strom von den einzelnen Anlagen in den Vorjahren erzeugt wurde oder welche durchschnittlichen

Vollbenutzungsstunden vorlagen, muss die Differenz mit Hilfe von Annahmen abgeschätzt werden:

Die gesamte KWK-Stromerzeugung aus erdgasbefeuerten Kraftwerken der öffentlichen Versorgung stieg um 36% von 21,6 TWh im Jahr 2015 auf 27,5 TWh in 2016 bzw. 29,2 TWh in 2017, also um insgesamt 7,7 TWh (s. Abschnitt 4.1.2).

In den KWKG-Jahresabrechnungen der Übertragungsnetzbetreiber [ÜNB 2017a, 2018a] wird eine förderfähige Strommenge der Bestandsanlagen von 10,7 und 11,9 TWh berichtet. Die geförderte Stromerzeugung der Bestandsanlagen betrug damit in beiden Jahren jeweils etwa 40% der Gas-KWK-Stromerzeugung der öffentlichen Versorgung. Überschlägig wird hier davon ausgegangen, dass deshalb mindestens 40% der gesamten Steigerung der KWK-Stromerzeugung auf diese Anlagen entfällt, also rund 3 TWh. Das entspräche etwa einer durchschnittlichen Erhöhung um 750 Vollbenutzungsstunden der geförderten Anlagen im Jahr 2017. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die geförderten Bestandsanlagen einen etwas höheren Anreiz hatten, die Stromproduktion zu erhöhen als übrige Gas-KWK-Anlagen der Öffentlichen Versorgung. So wird z.B. in [KMW 2016] von einer Erhöhung um 1.700 Vollbenutzungsstunden der GuD-Anlage (KW 3) berichtet. Wird von einer durchschnittlichen Erhöhung um 1.000 Vollbenutzungsstunden ausgegangen, ergibt sich eine zusätzliche KWK-Stromerzeugung durch die Bestandsanlagenförderung von 4TWh. Damit wird die zusätzliche KWK-Stromerzeugung der Bestandsanlagen auf 3 bis 4 TWh geschätzt.

Da aber auch die ungekoppelte Gas-Stromerzeugung zwischen den Jahren 2015 und 2017 deutlich anstieg, wie in Abschnitt 4.1.2 dargestellt wurde, ist zu vermuten, dass der Anstieg der KWK-Stromerzeugung durch generell günstige Marktverhältnisse zumindest begleitet wurde. Für eine überschlägige, konservative Betrachtung wird damit ein Wert von 3 TWh verwendet.

Da die Bestandsanlagenförderung zu einer zusätzlichen KWK-Stromerzeugung von etwa 3 TWh geführt hat, hat sie zur positiven Klimabilanz beigetragen (siehe Kapitel 4.2.4). Ihr wichtigster Effekt besteht jedoch in der Aufrechterhaltung der Gas-KWK-Kapazität, da zahlreiche Anlagen als von einer Abschaltung bedroht galten.

4.2.5 Effekt des Kohleersatz-Bonus

Mit dem KWKG 2016 wurde in § 7 Abs. 2 der Kohleersatz-Bonus eingeführt, der einen direkten Anreiz zum Ersatz von Kohle- KWK-Anlagen durch Gas-KWK geben soll.

Der Brennstoffwechsel erbringt eine unmittelbare Einsparung an CO_2-Emissionen durch die Differenz der Emissionsfaktoren: Für Gas beträgt dieser etwa 200 g CO_2/kWh, während er für Braunkohle fast das Doppelte beträgt. Bei gleichem Brennstoffeinsatz können damit die Emissionen halbiert werden, wenn Braunkohle

durch Gas ersetzt wird. Beim Ersatz von Steinkohle durch Gaskraftwerke können die Emissionen um 40% gesenkt werden. Hinzu kommen noch grundsätzlich höhere Wirkungsgrade von neuen Gas-KWK-Anlagen im Vergleich zu alten Kohle-KWK-Anlagen.

Beim Ersatz einer Kohle-KWK-Anlage ist davon auszugehen, dass die erzeugte Wärmemenge konstant bleibt, da die Wärmenachfrage weiter zu bedienen ist. Kohle-KWK-Anlagen haben im Allgemeinen eine deutlich geringere Stromkennzahl als mit Gas betriebene Anlagen, sie erzeugen also weniger Strom bei gleicher Wärmeerzeugung. In Tabelle 15 werden durchschnittliche Stromkennzahlen und Gesamtnutzungsgrade der Energieträger verwendet, um den Effekt des Ersatzes einer Kohle-KWK-Anlage darzustellen. Dabei handelt es sich um die durchschnittlichen Werte der amtlich berichteten Anlagen der öffentlichen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft des Jahres 2016 in Deutschland.

Tabelle 15: Effekt des Ersatzes einer Kohle-KWK-Anlage

	Stromkennzahl (Durchschnitt AV+IKW 2016)	Gesamtnutzungsgrad (Durchschnitt AV+IKW 2016)	CO_2-Emissionsfaktor
			g CO_2/ kWh
Gas	0,58	0,81	201
Steinkohle	0,36	0,80	336
Braunkohle	0,29	0,79	395
Wärmenachfrage: 10 MWh th	Stromerzeugung	Brennstoffeinsatz	CO_2-Emissionen
	MWh	MWh	t CO_2
Gas	5,8	19,6	3,9
Steinkohle	3,6	17,0	5,7
Braunkohle	2,9	16,3	6,4

Quellen: Statistisches Bundesamt Tab 066+067, UBA 2017, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018, eigene Berechnungen

Um einen Wärme-Versorgungsauftrag von 10 MWh zu erfüllen, werden durchschnittlich 6,4 t CO_2 von einer Braunkohle-KWK-Anlage ausgestoßen, wobei eine KWK-Stromerzeugung von 3 MWh erfolgt. Wird die gleiche Wärme mit einer Gas-KWK-Anlage erzeugt, reduziert sich der Ausstoß von CO_2-Emissionen auf 3,9 t CO_2 bei der doppelten Stromerzeugung. Reale Anlagen können deutlich abweichende Kennzahlen aufweisen, wobei neben höheren Wirkungsgraden der Neuanlagen vor allem die Stromkennzahlen von Gas-KWK-Anlagen deutlich höher sein können.

Dieses Beispiel mit statistischen Durchschnittswerten zeigt zum einen das Einsparpotenzial an CO_2-Emissionen, zum anderen aber auch die Komplexität der Betrachtung: Nicht allein die Differenz der CO_2-Emissionen ist zu berücksichtigen, sondern auch die üblicherweise damit verbundene erhöhte Stromerzeugung. Die Bewertung der zusätzlichen Stromerzeugung ist wiederum abhängig vom ungekoppelten Referenzsystem.

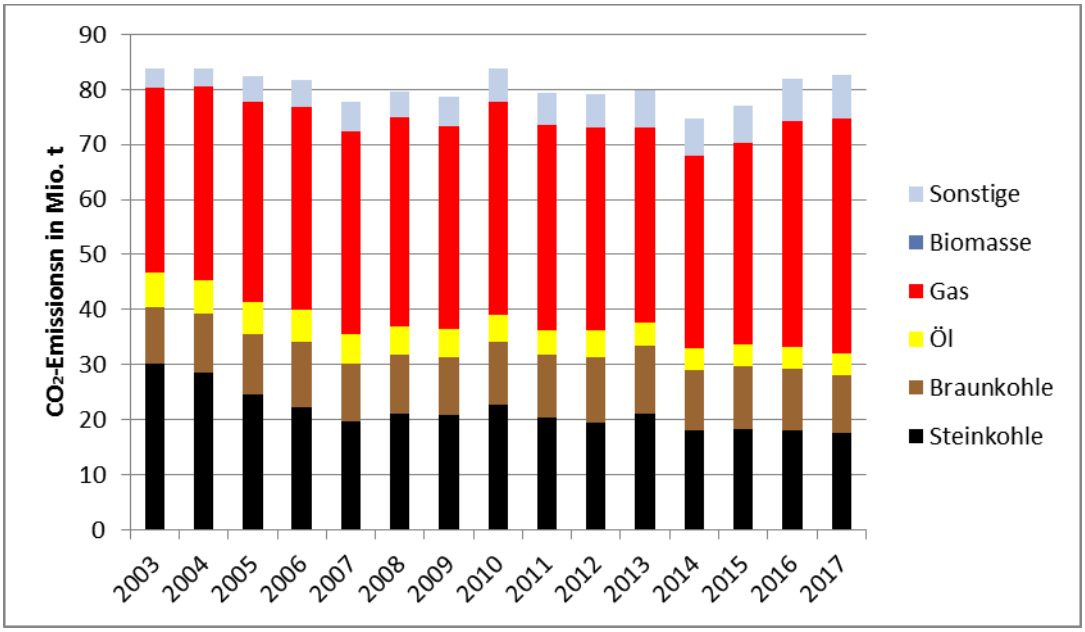
Fazit: Der Kohleersatzbonus wird in den kommenden Jahren voraussichtlich zur positiven Klimabilanz der KWK-Förderung beitragen. Durch die Abschaltung der Kohle-KWK-Anlagen wird emissionsintensivere Erzeugung ersetzt, die andernfalls stattgefunden hätte. Damit realisiert sich die im Vergleich mit dem ungekoppelten Referenzsystem ermittelte CO_2-Einsparung auch in der deutschen Emissionsbilanz.

4.2.6 CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung

Obwohl KWK-Anlagen somit CO_2 -Emissionen eingespart haben, produzierten sie noch CO_2 -Emissionen. Dieses Unterkapitel berechnet diese Emissionen:

Um die CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung zu berechnen, ist im ersten Schritt die Berechnung des **Brennstoffeinsatzes** für die KWK-Erzeugung erforderlich. Anschließend wird der Brennstoffeinsatz mit brennstoffspezifischen Emissionsfaktoren multipliziert, um die **CO_2-Emissionen** zu ermitteln. Diese sind in Abbildung 7 dargestellt für den Zeitraum 2003 bis 2017.

Abbildung 7: Emissionen der KWK-Erzeugung 2003-2017

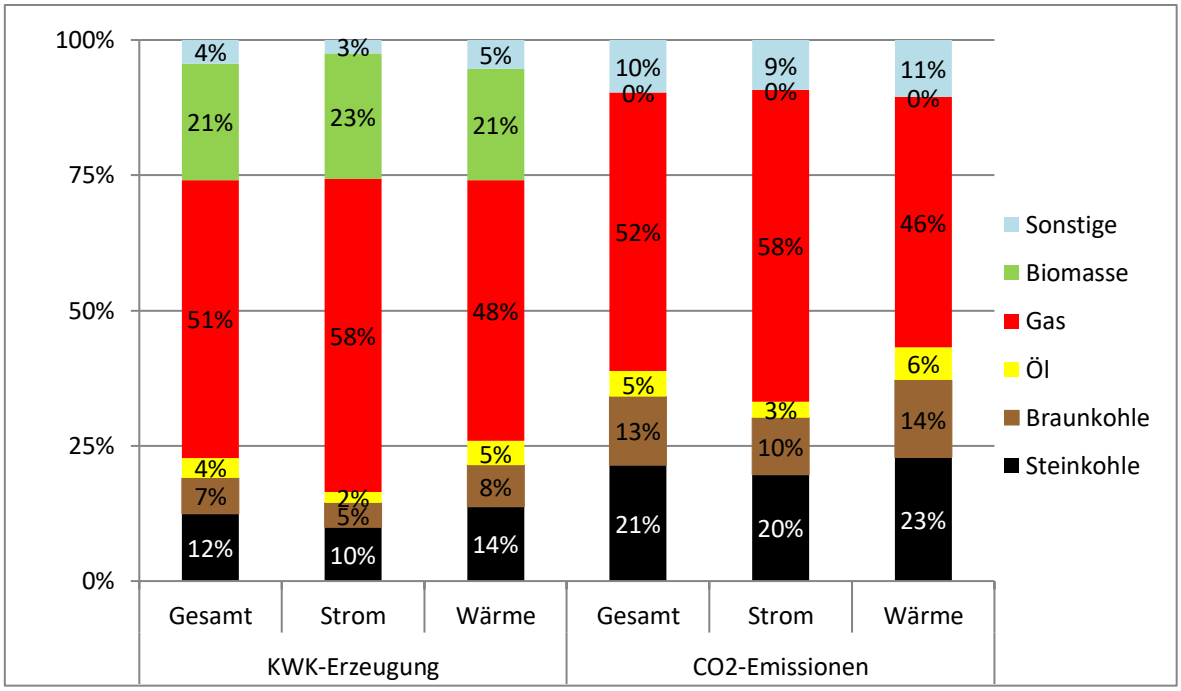


Quelle: Öko-Institut 2019, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Die CO_2-Emissionen liegen über den gesamten betrachteten Zeitraum etwa bei 80 Mio. t jährlich. Die gekoppelt erzeugten Strom- und Wärmemengen, sowie die Anteile der dafür verwendeten Brennstoffe haben sich über den Zeitraum verändert. Werden die Brennstoffanteile der Erzeugung mit den Anteilen an den Emissionen verglichen, ergibt sich ein relativ konstantes Bild, das in Abbildung 8 dargestellt ist. Die Aufteilung des Brennstoffeinsatzes nach

Strom und Wärme erfolgte dabei nach der finnischen Methode, um analog zur Energiebilanz vorzugehen[4].

Abbildung 8: Brennstoffeinsatz und CO_2-Emissionen der KWK-Erzeugung 2017



Quelle: Öko-Institut 2019, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Für die Anwendung der finnischen Methode werden die Strom- und Wärmewirkungsgrade der gekoppelten und ungekoppelten Erzeugung zueinander ins Verhältnis gesetzt. Während sich die Wirkungsgrade der KWK-Erzeugung errechnen lassen, müssen Referenzwerte für ungekoppelte Erzeugungssysteme je Brennstoff angenommen werden. Die Energieeffizienzrichtlinie (2012/27/EU bzw. (EU) 2015/2402) gibt dazu Werte in Abhängigkeit vom Baujahr vor. Für die aggregierte Betrachtung müssen Durchschnittswerte angesetzt werden. Während in der Energiebilanz pauschale Wirkungsgrade von 40 % für die Stromerzeugung und 80 % für die Wärmeerzeugung angesetzt werden (AGEB 2015), wurde in der Betrachtung hier, analog zur Energieeffizienzrichtlinie, brennstoffspezifisch vorgegangen.

Wird der so ermittelte Brennstoffeinsatz für die Strom- und Wärmeerzeugung durch die jeweiligen erzeugten Mengen pro Energieträger geteilt, ergeben sich spezifische Emissionsfaktoren. Diese sind in Tabelle 16 dargestellt.

[4] Es gibt noch andere Möglichkeiten der Brennstoffaufteilung, wie die Anrechnung von Wärmegutschriften auf die Stromerzeugung oder eine exergetische Betrachtung. Beide führen für die Kohle- KWK-Erzeugung zu sehr hohen spezifischen Emissionen für die Stromerzeugung.

Tabelle 16: Spezifische KWK-Emissionsfaktoren im Jahr 2017

	Spezifische KWK-Emissionsfaktoren		
	Gesamt	Strom	Wärme
	g CO2/kWh$_{el+th}$	g CO2/kWh$_{el}$	g CO2/kWh$_{th}$
Gesamt	**251**	**342**	**207**
Steinkohle	432	679	342
Braunkohle	482	785	390
Öl	319	529	274
Gas	252	340	199
Biomasse	0	0	0
Sonstige	553	1.260	408

Quelle: Öko-Institut 2019, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Im Durchschnitt ergeben sich Emissionen in Höhe von 342 g CO_2/kWh für die KWK-Stromerzeugung und 207 g CO_2/kWh für die KWK-Wärmeerzeugung. Die spezifischen Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung entsprechen damit etwa der Versorgung mit einer Erdgas-Einzelfeuerung (Brennwertkessel mit 100% Wirkungsgrad). Die spezifischen Emissionen für die KWK-Stromerzeugung sind mit 342 g CO_2/kWh deutlich niedriger als die durchschnittlichen spezifischen Emissionen des deutschen Strommixes in Höhe von 489 g CO_2 [UBA Climate change 11/2018]. Die Spanne der Emissionsfaktoren einzelner Brennstoffe für die Stromerzeugung ist besonders groß. Besonders durch die hohen Emissionsfaktoren von Stein- und Braunkohle liegen die durchschnittlichen Werte für die gesamte KWK-Erzeugung trotz des hohen Anteils an emissionsfreien Energieträgern derzeit etwa bei denen von Erdgas.

4.2.7 Primärenergieeinsparung

Die Referenzwerte der Energieeffizienzrichtlinie sind auch die Grundlage für die Berechnung der Primärenergieeinsparung. Ohne Anwendung von Korrekturfaktoren[5] ergibt sich im Jahr 2017 eine Primärenergieeinsparung durch die KWK-Erzeugung von etwa 12 % des Primärenergieeinsatzes der ungekoppelten Erzeugung.

Der Wert von 12 % Primärenergieeinsparung ist allerdings nur sehr bedingt aussagekräftig. Denn die Methode zur Berechnung der Primärenergieeinsparung nach der Energieeffizienzrichtlinie weist drei große Schwächen auf:

[5] Nach der Energieeffizienzrichtlinie sind Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der durchschnittlichen klimatischen Bedingungen, vor allem aber für die vermiedenen Netzverluste vorgesehen. Für eine Betrachtung der aggregierten KWK-Erzeugung sind diese nicht sinnvoll anwendbar.

Erstens errechnet sich die Primärenergieeinsparung nur gegenüber Referenzsystemen mit dem gleichen Brennstoff. Entscheidend für den tatsächlichen Nutzen einer KWK-Anlage ist jedoch, welche Alternativen auf der Strom- und Wärmeseite bestünden. Das heißt, es sollten - ähnlich wie oben bei der Ermittlung der Einsparung von CO_2-Emissionen diskutiert - bei der Berechnung der Primärenergieeinsparung für reale Anlagen die im Moment der Investitionsentscheidung vor Ort zur Alternative stehenden ungekoppelten Systeme berücksichtigt werden. So reicht es für die Zukunft etwa nicht aus, dass z.B. eine Steinkohle-KWK-Anlage Primärenergieeinsparungen gegenüber einer ungekoppelten Steinkohleanlage erbringt. Wichtig ist, dass die Anlage mittelfristig ins Gesamtsystem passt (siehe Kapitel 5).

Zweitens bewertet die Methode die Systemdienlichkeit einer KWK-Anlage nicht positiv sondern negativ: Der Grund ist, dass die Ergebnisse der Primärenergieeinsparung sehr sensitiv in Bezug auf die angesetzten Gesamtnutzungsgrade der KWK-Anlagen sind. Eine Berechnung im Auslegungspunkt der Anlage wird damit höhere Einsparungen ergeben als eine Berechnung, die auf mittleren Jahreswerten basiert. So weist eine flexibel betriebene KWK-Anlage, die ihren Betrieb an die Verfügbarkeit von Erneuerbaren Energien ideal anpasst, durch die häufigeren Anfahrvorgänge und den Betrieb in Teillast, grundsätzlich niedrigere Gesamtnutzungsgrade auf als dieselbe Anlage, die unabhängig vom restlichen Energiesystem möglichst durchgängig in Volllast betrieben wird. Die Flexibilität einer KWK-Anlage verringert damit die errechnete Primärenergieeinsparung. Systemdienlichkeit ist jedoch eine entscheidende Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit der KWK (siehe Kapitel 5).

Zusätzlich problematisch erweist sich die Tatsache, dass die durchschnittlichen Gesamtnutzungsgrade für die biogenen Anlagen außerhalb der statistischen Erfassung und kleinen fossilen Anlagen im Gegensatz zu der amtlich erfassten Erzeugung nur abgeschätzt werden können.

Im Ergebnis ergeben sich stark von Annahmen getriebene Bewertungen der Primärenergieeinsparungen von KWK-Anlagen:

- Fossile BHKW unter 1 MW erreichen dabei die höchste prozentuale Primärenergieeinsparung von 18%. Grund dafür ist der hohe Gesamtnutzungsgrad von 85%, der in der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts und auch allgemein für BHKW angesetzt wird. Allerdings stellt dieser Gesamtnutzungsgrad eher die Situation in der Auslegungssituation dar und ist damit höher als im tatsächlichen Betrieb. Ausnahmen stellen Kompaktmodule dar und motorische BHKW-Anlagen, die einen zusätzlichen Abgaswärmetauscher einsetzen.

- Die Primärenergieeinsparung der amtlich erfassten Anlagen der öffentlichen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft liegt nur bei 11%. Der Grund dafür ist der errechnete

Gesamtnutzungsgrad der amtlich erfassten KWK-Erzeugung, der auf den tatsächlichen Betriebsdaten beruht und den Daten des statistischen Bundesamtes entnommen werden kann. Über alle Brennstoffe und für die Öffentliche Versorgung und industrielle Kraftwirtschaft zusammen ergibt sich ein Gesamtnutzungsgrad von 76 %.

- Für die biogenen Anlagen außerhalb der amtlichen Erfassung liegen keine Statistiken über die Brennstoffeinsätze vor. Es ist also eine Annahme zum Gesamtnutzungsgrad zu treffen, die wiederum stark das Ergebnis beeinflusst: Wird etwa der Gesamtnutzungsgrad der öffentlichen Versorgung für Biomasse angesetzt, ergibt sich mit dem Gesamtnutzungsgrad von 58 % eine Primärenergieeinsparung von 7%. Wird der durchschnittliche Wert der industriellen Kraftwirtschaft angesetzt, ergibt sich mit dem Gesamtnutzungsgrad von 76 % eine Einsparung von 30%. Für die Betrachtung hier wird der gewichtete mittlere Gesamtnutzungsgrad aus der öffentlichen Versorgung und der industriellen Kraftwirtschaft für Biomasse angesetzt. Mit diesen 65 % ergibt sich eine Primärenergieeinsparung von 18 %.

Diese Betrachtung zeigt, wie stark die Ergebnisse zur Berechnung der Primärenergieeinsparung nach der Methode der Energieeffizienzrichtlinie abhängig sind von den angesetzten Gesamtnutzungsgraden der einzelnen Technologien und Energieträger. Auch wird deutlich, dass die Primärenergieeinsparung einzelner Anlagen mit abweichenden Gesamtnutzungsgraden und Stromkennzahlen von dieser Betrachtung deutlich abweichen kann. Auch reagiert das Ergebnis sensitiv auf die Entscheidung, ob die niedrigen Gesamtnutzungsgrade des tatsächlichen Betriebs gewählt werden oder die im Auslegungspunkt. Flexibel betriebene Anlagen weisen niedrigere Gesamtnutzungsgrade auf und damit niedrigere Primärenergieeinsparungen. Im Ergebnis sagen die Werte zur Primärenergieeinsparung einzelner KWK-Anlagetypen nicht aus, wie zukunftsrelevant und klimafreundlich die Anlagen tatsächlich sind.

Drittens verschärfen die Korrekturfaktoren, welche die Energieeffizienzrichtlinie zur Berechnung der Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen vorsieht, das Problem zusätzlich: Im Kern geht es bei den Korrekturfaktoren um die Berechnung vermiedener Netzverluste (Anhang IV der Energieeffizienzrichtlinie). Die Emissionsfaktoren der ungekoppelten Referenzsysteme werden mit den Korrekturfaktoren je nach Spannungsebene reduziert, wodurch sich die Primärenergieeinsparungen der KWK-Anlagen gegenüber der ungekoppelten Erzeugung vergrößern. Das heißt im Kern: Anlagen auf unteren Spannungsebenen sollen per se mehr Primärenergie einsparen als große Anlagen auf höheren Spannungsebenen. Unterschieden wird dabei auch zwischen dem eingespeisten und dem vor Ort verbrauchten Strom, wobei letzterer höhere Korrekturfaktoren erhält. Durch die Korrekturfaktoren werden damit besonders hohe Primärenergie-Einsparungen für kleine Eigenverbrauchsanlagen auf niedrigen Spannungsebenen ermittelt.

Fazit: Die Berechnung der Primärenergieeinsparung entsprechend der Energieeffizienzrichtlinie ist aus drei Gründen nur bedingt hilfreich zur aktuellen Einordnung des Nutzens von KWK-Anlagen:

- Der Wechsel zu CO_2-armen Brennstoffen wird mit der Berechnung grundsätzlich nicht adressiert.
- Die Berechnung ist sehr sensitiv in Bezug auf den Gesamtnutzungsgrad, der erheblich von der Betriebsweise abhängt. Die Flexibilität einer KWK-Anlage und damit ihre Systemdienlichkeit verringert damit die errechnete Primärenergieeinsparung. Zusätzlich ist der Gesamtnutzungsgrad für den gesamten KWK-Anlagenpark extrem schwer objektiv zu bestimmen.
- Die in der Energieeffizienzrichtlinie angelegten Korrekturfaktoren bevorzugen KWK-Anlagen in Eigenversorgung auf unteren Spannungsebenen - unabhängig davon, wie viel Primärenergie diese Anlagen tatsächlich einsparen.

4.2.8 Akteursperspektive: Spezifische THG-Emissionen gängiger Versorgungsoptionen für Raumwärme im dezentralen Wärmemarkt

Neben den oben beschriebenen CO_2-Einsparungen auf Ebene des Gesamtsystems ist der Vergleich der CO_2-Emissionsfaktoren unterschiedlicher Wärmeversorgungsoptionen wichtig. Für die Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser und Industrie mit Prozesswärme ist dabei die Akteursperspektive relevant.

Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Emissionsfaktoren von Nutzwärme aus den gängigsten Wärmeerzeugungstechnologien in den Jahren von 2015 bis 2030[6] für die Wärmeversorgung von Gebäuden. Die Berechnung erfolgt nach der Methode der Verursacherbilanz, da diese im Ordnungsrecht für Gebäude (Energieeinsparverordnung, EnEV) genutzt wird. Mit dieser Methode können sämtliche mit der Energieversorgung eines Gebäudes verbundenen THG-Emissionen über alle Sektoren hinweg in die Bewertung einbezogen werden. Dadurch wird der Einsatz von Strom und Fernwärme, der bei Anwendung der Quellenbilanz einem Auslagern von Emissionen in den Umwandlungssektor gleichkommt, nicht bevorzugt, außerdem werden Rückwirkungen auf das Energiesystem in die Bewertung mit einbezogen.

Der THG-Faktor der KWK-Anlagen wurde anhand der finnischen Methode berechnet (n el REF: 45%, n therm REF: 90%). Die THG-

6 Der Emissionsfaktor für Strom sinkt aufgrund des Ausbaus der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien im Zeitverlauf. Die Bewertung stromverbrauchender Technologien (Wärmepumpen) profitiert hiervon während die von stromerzeugenden Technologien (KWK mit Gutschriftenmethode) belastet wird. Der zugrundeliegende Emissionsfaktor für Strom wurde aus der Energiereferenzprognose des BMWi abgeleitet und über einen Zeitraum von 15 Jahren (2016 bis 2030) bewertet.

Emissionsfaktoren der eingesetzten Endenergieträger werden in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: THG-Emissionsfaktoren von Endenergieträgern inkl. Vorketten in g/kWh

	2015	2030
Heizöl	319	319
Erdgas	247	247
Holzpellets	27	27
Solarthermie	0	0
Umgebungswärme	0	0
Strom-Mix	534	234

Quelle: UBA Climate change 15/2017, GEMIS 4.94 und Energiereferenzprognose des BMWi

Die Wärme aus einem Erdgas-Brennwerkesel (Erdgas-BWK) weist einen THG-Emissionsfaktor von knapp 250 g/kWh auf. Die Ergänzung eines Erdgas-BWK mit einer Solarthermieanlage kann den Emissionsfaktor bei einer solaren Deckungsrate von 15 % auf 210 g/kWh reduzieren. Die Wärmeerzeugung aus Biomasse verursacht mit 20 bis 30 g/kWh die niedrigsten THG-Emissionen.

Tabelle 18: THG-Faktoren (Verursacherbilanz) gängiger Wärmeerzeuger in g/kWh im Zeitraum 2015 bis 2030

THG-Faktor Nutzwärme	g/kWh	Anmerkung
Heizöl-Brennwertkessel (BWK)	319	
Erdgas-BWK	247	
Erdgas-BWK & Solarthermie	210	Deckungsrate Solarthermie: 15%
Wärmepumpe (unsanierter Bestand)	165 2015: 250	JAZ: 2,2[7]
Erdgas-Kessel & KWK	150	Deckungsrate BHKW: 70%, Bilanzierung des BHKW nach finnischer Methode
Wärmepumpen (Neubau)	90 2015: 136	JAZ: 4,0
Pelletkessel	32	
Wärmenetze	0 bis 350	Quelle: Liste von CO_2-Bescheinigungen nach FW 309-6 des AGFW sowie eigene Berechnungen

Quelle: Auf Basis Prognos et. al. 2016

[7] Vortrag „Wärmewende 2030 - Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor“. Dr. Dietrich Schmidt Fraunhofer IBP / Fraunhofer IWES, Kassel. Veranstaltung: Wärmewende 2030, AGORA, Berlin, 15. Februar 2017. https://www.agora-energiewende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/356/Sektor%C3%BCbergreifende+Energiewende+%E2%80%93+robuste+Strategien%2C+kritische+Weichenstellungen+2030/ letzter Abruf am 16.11.2017

Im unsanierten Gebäudebestand und Objekten mit Bedarf an höheren Vorlauftemperaturen, wie dies bei unsanierten Gebäuden, bei Nutzung von Prozesswärme über 70°C oder wegen den Hygieneanforderung bei der Trinkwarmwasserbereitstellung auftritt, verliert die Wärmepumpe an Effizienz. Daher liegt der THG-Faktor aufgrund einer niedrigeren Jahresarbeitszahl (JAZ) über den Bilanzzeitraum von 2015 bis 2035 für diese Anlagen bei 180 g/kWh. Gerechnet mit dem Strommix des Jahres 2015 liegt der THG-Faktor auf dem Niveau eines Erdgas-BWK in Höhe von 250 g/kWh.

Die Kombination eines Erdgas-Brennwertkessels mit einem Erdgas-BHKW bei einer KWK-Deckungsrate in Höhe von 70 % der Wärme weist nach finnischer Methode einen THG-Faktor von 150 g/kWh auf. Das BHKW selber besitzt einen THG-Faktor von knapp 110 g/kWh.

In Neubauten zeigt sich die Stärke der Wärmepumpen. Sie weisen aufgrund der sinkenden Emissionsfaktoren von Strom über den Zeitraum 2015 bis 2035 einen mittleren THG-Faktor von 100 g/kWh auf.

Wärmenetze weisen eine sehr große Bandbreite von THG-Faktoren auf, die maßgeblich von der Struktur der eingesetzten Wärmeerzeuger abhängt. Hohe Anteile erneuerbarer Energieträger und KWK-Anlagen können zu sehr niedrigen THG-Faktoren führen.

Der Vergleich der verfügbaren Wärmeerzeugungstechnologien verdeutlicht, dass fossile befeuerte KWK-Anlagen insbesondere in Versorgungsobjekten und Wärmenetzen mit höheren Heizkreis-Temperaturen bis zum Jahr 2030 eine relevante THG-Reduktionsmaßnahme bleiben werden. Der Einsatz von Biomasse ist aufgrund von Potenzialgrenzen nur eingeschränkt möglich und Wärmepumpen weisen in Objekten mit höheren Temperaturanforderungen technologiebedingt höhere THG-Emissionen auf. Hinzu kommt, dass Großwärmepumpen und Hochtemperaturwärmepumpen für hohe Temperaturen bislang nicht marktverfügbar sind [Prognos et. al. 2016]. Andere Technologien sind nicht verfügbar. Insbesondere in verdichteten Gebieten mit hohen Wärmenachfragen muss abgewogen werden, ob eine Versorgung über Wärmenetze wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller ist als die individuelle Objektversorgung.

4.2.9 Methanemissionen bei der Nutzung in KWK-Anlagen

Im Vergleich zu CO_2 hat Methan in der Atmosphäre eine deutlich stärkere Treibhausgaswirkung. Nach den aktuellen Erkenntnissen des IPCC (Fifth Assessment Report) liegt das Treibhausgaspotenzial von Methan im Vergleich zu CO_2 um den Faktor 28 höher, bei einer Betrachtungsdauer von 100 Jahren. Bezogen auf eine Dauer von 20 Jahren beträgt der Faktor sogar über 80.

Insbesondere bei der Nutzung von Biogas und Erdgas in Gasmotoren wird der Brennstoff nicht vollständig verbrannt. Ein kleiner Teil des Brennstoffes, der bei Erdgas und Biogas überwiegend aus Methan besteht, entweicht unverbrannt in die Atmosphäre. Die Ursachen für diesen sogenannten Methanschlupf liegen in den „Spalträumen“ des Brennraums sowie in der Ventilüberschneidung, also der konstruktiv bedingten kurzfristigen gleichzeitigen Öffnung der Ein- und Auslassventile. Der Methanschlupf erhöht sich bei steigendem Luftüberschuss der Verbrennung. Außerdem steigt der Methanschlupf bei hochaufgeladenen Motoren mit höherem Verdichtungsverhältnis an. Die Höhe des Methanschlupfs hängt auch vom Betrieb und Zustand des Motors ab. Eine dauerhafte Absenkung ist nur bei Reduktion der Wartungsintervalle möglich und macht u. a. eine wiederkehrende Brennraumreinigung erforderlich.

Der „Nationale Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar“ aus dem Jahr 2018 nennt Methan-Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen ab 50 MW. Dort wird ein Methanschlupf beim Einsatz von Erdgas in Verbrennungsmotoren in Höhe von 309 kg Methan pro TJ Erdgaseinsatz ausgewiesen. Der Wert basiert auf einer Studie „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV“ aus dem Jahr 2010. Methanemissionen dieser Höhe haben bei einem Faktor von 28 einen Treibhausgaseffekt in Höhe von 15 % der verbrennungsbedingten CO_2-Emissionen.

Auch wenn sich gemäß dem EUROMOT Positionspapier vom 27. April 2012 die Gesamtkohlenstoff-Emissionen (THC) bei Verbrennungsmotoren gegenüber den 1990er Jahren halbiert haben, beträgt der Methanschlupf bei turboaufgeladenen Magermotoren immer noch zwischen 1 % und 3 % des eingesetzten Methans (Quelle: Herstellerbefragung).

Das Thema Methanschlupf bei Feuerungsanlagen wird immissionsschutzrechtlich aktuell von der 44. BimschV aufgegriffen. Der Entwurf der 44. BimschV, die für Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 1 bis 50 MW gilt, sieht für Magermotoren ab dem Jahr 2025 einen Grenzwert für Gesamtkohlenstoff (THC) im Abgas von 1,3 g pro m³ vor. Dieser Grenzwert gilt damit für einen Großteil der heute am Markt erhältlichen BHKW-Motoren. Für Fremdzündungsmotoren, die als Saugmotoren mit einer stöchiometrischen Verbrennungsluftversorgung betrieben werden, gilt ein niedrigerer Grenzwert in Höhe von 0,3 g pro m³ Abgas.

Die Grenzwerte gelten für Anlagen ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW. Die Leistung kann sich dabei auch auf die Leistung der Gesamtanlage, also KWK-Anlage und Heizkessel beziehen. Damit fallen ggf. auch KWK-Anlagen mit einer geringeren KWK-Feuerungswärmeleistung als 1 MW unter die Regelungen der 44. BimschV.

Bei einem Methanschlupf in Höhe des Grenzwertes von 1,3 g pro m³ Abgas würde das unverbrannte Methan eine zusätzliche Klimawirkung von rund 22% in Bezug auf die CO2-Emissionen der Erdgasverbrennung aufweisen.

Der Methanschlupf kann durch die Konstruktion, die Aufladung, die Luftzahl und die Wartung der Motoren beeinflusst werden. Zudem könnten die Menge an unverbranntem Methan ggf. zukünftig durch neue Katalysatoren reduziert werden. Die heute kommerziell verfügbaren Katalysatoren wie SCR- und Oxidations-Katalysatoren können die Methanreste im Abgas eines Magermotors aufgrund der geringen Abgastemperaturen nahezu nicht reduzieren. Durch eine Reduzierung des Luftüberschusses beim Verbrennungsprozess und einer stärkeren sekundären Reduzierung der höheren NOx-Emissionen mittels SCR-Katalysator könnten primär die THC-Emissionen stärker reduziert werden.

Technische verfügbar sind außerdem Nachverbrennungsanlagen, in denen das Methan durch eine Erhitzung des Abgases auf etwa 800-850 °C vollständig verbrannt wird. Diese Anlagen eignen sich allerdings vorrangig bei einem kontinuierlichen Betrieb der Motoren. Bei einer flexiblen Fahrweise der KWK-Anlagen mit wenigen Stunden pro Tag besteht die Problematik in einer dauerhaften Bereitstellung der hohen Temperaturen in der thermischen Nachverbrennungsanlage.

Für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung über 50 MW gilt die 13. BimschV. Diese befindet sich im Moment noch in Überarbeitung. Daher ist eine Aussage zur möglichen zukünftigen Klimawirkung von Methanemissionen bei größeren motorischen Kraftwerken derzeit nicht möglich.

Bei der Verbrennung von Gas in Kesseln und Gasturbinen tritt im Vergleich zu Motoren ein wesentlich geringerer Methanschlupf auf. Aus klimagesichtpunkten ist dieser vernachlässigbar gering. Daher sind in der 13. und 44. BimschV auch keine entsprechenden Grenzwerte für diese Technologien vorgesehen.

4.3 Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen

Hinter der positiven Entwicklung der KWK-Stromerzeugung, -Wärmeerzeugung und der CO_2-Bilanz steht eine insgesamt gute Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen.

Die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen hat sich gegenüber der letzten umfassenden Evaluierung der KWK im Jahr 2014 verändert. Im Detail ergeben sich gegenüber den Berechnungen bei einzelnen Anlagen Verschlechterungen, bei den meisten Anlagen jedoch Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit.

Neben den gestiegenen Großhandelsstrompreisen hat die Anhebung der Vergütungssätze für Netzeinspeisung durch die letzte KWKG-Novelle die Wirtschaftlichkeit von Anlagen in der öffentlichen Versorgung verbessert. Gleichzeitig verschlechterte die Abschaffung bzw. Beschränkung der Förderung des selbstgenutzten Stroms die Wirtschaftlichkeit der betroffenen Anlagen. Trotzdem bleiben diese Anlagen oft wirtschaftlich. Im Ergebnis hat die KWKG-Novelle 2016 die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen mit und ohne Eigenversorgung stärker angeglichen.

Die Analyse muss zwischen verschiedenen Anwendungsfeldern unterscheiden: Am wenigsten wirtschaftlich sind sehr kleine KWK-Anlagen mit einer Größe von unter 5 kW_{el} und KWK-Anlagen, die den erzeugten Strom zu 100 % ins öffentliche Netz einspeisen. Für Anlagen im Segment 1-50 MW wird die Zuschlagshöhe seit 2017 über Ausschreibungen bestimmt. Eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit dieser Fälle erfolgt, aufgrund der individuellen und nicht öffentliche bekannten Höhe der jeweiligen Fördersätze, nicht.

KWK-Anlagen, deren erzeugter Strom überwiegend selbst genutzt wird, erzielen im Schnitt die höchsten Projektrenditen.

Dabei gilt: Ein Anstieg der Laufzeit der KWK-Anlagen führt meist zu deutlich besseren wirtschaftlichen Ergebnissen, wenn der Strom größtenteils selbst genutzt und dabei ein hoher, für den Netzstrom zu zahlender Strompreis substituiert werden kann.

Dieses Kapitel untersucht die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen im aktuellen energiewirtschaftlichen Umfeld.

Die aktuellen Fördersätze nach dem KWKG 2017 sind in Tabelle 19 dargestellt. Die maximale Förderdauer beträgt für Neuanlagen bis 50 kW elektrischer Nennleistung 60.000 Vollbenutzungsstunden, für alle anderen Anlagen 30.000 Vollbenutzungsstunden.

Tabelle 19: Fördersätze für neue, modernisierte oder nachgerüstete KWK-Anlagen

Elektrische Leistung	Einspeisung in öffentliches Netz	Eigenversorgung BesAR	Energiedienstleister	Eigenversorgung
	Zuschlag in Cent/kWh (leistungsanteilig)			
<=50 kW	8,00	5,41	4,00	4,00
> 50 bis 100 kW	6,00	4,00	3,00	3,00
> 100 bis 250 kW	5,00	4,00	2,00	/
> 250 kW bis 2 MW	4,40	2,40	1,50	/
> 2 MW	3,10	1,80	1,00	/

Hinweis: Im Leistungssegment über 1 MW bis 50 MW elektrischer Leistung werden keine festen Fördersätze gewährt. Hier erfolgt die Festlegung der Fördersätze über eine Ausschreibung

Quelle: KWKG 2017

Zusätzlich erhalten Anlagen, die eine Kohle-KWK-Anlage ersetzen, einen sogenannten Kohle-Bonus in Höhe von 0,6 Cent/kWh. Anlagen, die am europäischen Emissionshandelssystem (Emissions Trading System, ETS) teilnehmen, bekommen einen „ETS-Bonus“ in Höhe von 0,3 Cent/kWh.

Die Analyse der Wirtschaftlichkeit der Förderung nach dem KWKG erfolgt über einen typologischen Ansatz, in dem repräsentative KWK-Anlagen typischen Einsatzbereichen zugeordnet werden. Die Auswahl der Anlagen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung orientiert sich an den Anlagen, die bereits in der Evaluierung 2014 untersucht wurden, und bildet KWK-Anlagen im gesamten Leistungs- und Technologiespektrum ab. Für diese Anlagentypen, die mit der Europäischen Kommission abgestimmt sind, wurden die technischen und wirtschaftlichen Eingangsparameter für die Berechnungen überprüft und gegebenenfalls aktualisiert. Tabelle 20 stellt die betrachteten Anlagen im Überblick dar.

Tabelle 20: Betrachtete KWK-Anlagen

Anlage:		**BHKW 1**	**BHKW 2**	**BHKW 3**	**BHKW 3a**	**BHKW 4**	**BHKW 5**	**BHKW 5 Dampf**
Elektrische Leistung	kW_{el}	1	5	50	100	500	1.999	1.999
Netzebene		Niederspannung				Mittelspannung		
Investition inkl. Planung	$Euro_{2017}/kW$	17.000	6.400	2.800	2.250	1.550	985	1.075
Wirkungsgrad elektrisch		26%	27%	34%	35%	39%	42%	42%
Wirkungsgrad thermisch		66%	66%	57%	56%	51%	48%	42%
Wirkungsgrad gesamt		92%	93%	91%	91%	90%	90%	84%
Kalkulationsdauer	a	10	10	10	10	15	15	15
Fixe Betriebskosten	$Euro_{2017}/kW_{el},a$	450	210	105	70	35	14	18
Variable Betriebskosten	$Euro_{2017}/MWh$	100	60	30	26	17,5	12,5	13

Anlage:		**DT 1**	**GT 1**	**BHKW 6**	**BHKW 6 Dampf**	**GuD 1**	**GuD 2**	**GuD 3**	**GuD 4**
Elektrische Leistung	MW_{el}	5	10	10	10	20	100	200	450
Netzebene		Mittelspannung				Hochspannung			
Investition inkl. Planung	$Euro_{2017}/kW$	1.500	850	850	880	1.200	1.200	1.100	1.000
Wirkungsgrad elektrisch		25%	30%	46%	46%	35%	45%	50%	55%
Wirkungsgrad thermisch		60%	55%	42%	35%	53%	43%	38%	33%
Wirkungsgrad gesamt		85%	85%	88%	81%	88%	88%	88%	88%
Kalkulationsdauer	a	15	15	15/ 20	15	20	20	20	20
Fixe Betriebskosten	$Euro_{2017}/kW_{el},a$	12	17	9	11	20	17	17	17
Variable Betriebskosten	$Euro_{2017}/MWh$	9	9	10	10,5	4	2	1,7	1,7

Quelle: BHWK Consult, Prognos 2019

Im Folgenden werden die Grundlagen für die dargestellten Annahmen detailliert beschrieben:

4.3.1 Methodik

Für die betrachteten typischen Anlagen wird die Wirtschaftlichkeit mit der internen Zinsfußmethode berechnet. Diese Methode stellt gemäß der VDI-Richtlinie 3985 „Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit Verbrennungskraftmaschinen“ eine der drei vorzugsweise eingesetzten Berechnungsmethoden zur Wirtschaftlichkeit dar.

Dazu wird gemäß VDI 6025 „Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen“ aus den jährlichen Kapitalflüssen die Gesamtprojektverzinsung berechnet und den üblichen geforderten Verzinsungsanforderungen gegenübergestellt. Dabei wird für jede Anlage der jährliche Cashflow (abgezinst auf Basis der Realpreise mit Preisbasis 2017) gebildet, der sich aus den

jährlichen Kosten und Erlösen der Anlage ergibt. Die Anfangsinvestition fließt als negativer Wert im ersten Jahr ein. Die Kosten beinhalten neben der Investition auch Brennstoff-, variable und fixe Betriebskosten sowie bei Anlagen mit Eigennutzung die zu zahlende EEG-Umlage für den eigengenutzten Strom. Die Erlöse setzen sich zusammen aus den vermiedenen Beschaffungskosten für den selbstgenutzten Strom, den Erlösen für den eingespeisten Strom und die Wärmeerzeugung, aus vermiedenen Netznutzungsentgelten und dem KWK-Zuschlag.

Die in dieser Studie berechneten Projektrenditen (berechnet als interner Zinsfuß) berücksichtigen die Inflationsrate. Eine negative Projektrendite spricht gegen eine Investition. Bei einer positiven Projektrendite erfolgt der Vergleich mit der erwarteten Rendite einer Vergleichsinvestition. Für Anlagen der **öffentlichen Versorgung** liegen die angenommenen Verzinsungsanforderungen bei 6 bis 8 Prozent. Bei der **Industrie** bestehen hingegen im Allgemeinen hohe Erwartungen an sehr kurze Amortisationszeiten. Je nach Branche kann der geforderte Refinanzierungszeitraum zwischen zwei und acht Jahren liegen. Dies entspricht in etwa einer Projektrendite zwischen 12 Prozent (acht Jahre) und 50 Prozent (zwei Jahre). Für die Umsetzung der meisten industriellen Projekte wird eine Rendite von 30 Prozent, also eine Refinanzierung nach rund drei Jahren, angestrebt.

Für **private Nutzer** ist hingegen die Wirtschaftlichkeit nicht das alleinige Kriterium, hier können z. B. Vorlieben für bestimmte Techniken den Ausschlag für eine bestimmte Anlage geben. Im privaten Bereich ist daher für viele Hausbesitzer eine geringe Verzinsung von 2 bis 3 Prozent ausreichend. Sie kalkulieren im Allgemeinen nicht mit einer alternativen Geldanlage. In der **Wohnungswirtschaf**t, in der sich Investitionen über einen längeren Zeitraum refinanzieren dürfen als in der Industrie und in der eine weitestgehend konstante Nachfrage nach Strom und Wärme herrscht, liegt die typische Verzinsungserwartung bei 6 Prozent (real). Im **GHD-Sektor**, in dem höhere Risikoaufschläge als in der Wohnungswirtschaft anfallen, liegt die Schwelle für eine Investitionsentscheidung bei einer realen Projektverzinsung von 8 bis 10 Prozent.

In der folgenden Berechnung werden ausschließlich Neubauanlagen betrachtet, deren Inbetriebnahme im Jahr 2019 erfolgt. Bestandsanlagen der öffentlichen Versorgung, deren Förderung Ende des Jahres 2019 endet, werden nicht separat untersucht. Für Anlagen, die eine KWKG-Förderung erhalten können, wird die Förderung in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigt.

4.3.2 Energiewirtschaftliche und energiepolitische Rahmenannahmen

Dieses Unterkapitel gibt einen Überblick über die Rahmenannahmen der Berechnungen. Hierzu zählen die Großhandelspreise für Strom, Erdgas und CO_2-Zertifikate, die Endkundenpreise für Strom

und Gas, der Betrachtungszeitraum und kalkulatorische Zinssatz sowie sonstige Erlöse.

Großhandelspreis Erdgas und Strom und CO_2-Zertifikatepreis

Die Tabelle 21 stellt die Annahmen zur Entwicklung der Großhandelspreise für Strom, Erdgas und CO_2-Zertifikate dar.

Die mittel- und langfristige Entwicklung der **Stromgroßhandelspreise** basiert auf einer unveröffentlichten Strompreisprognose der Prognos AG von Ende 2018. Für den Zeitraum bis inkl. 2019 wurden dabei die zum Berechnungszeitpunkt aktuellen Terminpreise genutzt. Bezüglich der längerfristigen Entwicklung werden steigende Großhandelspreise erwartet.

Tabelle 21: Großhandelspreise Strom (Baseload), Erdgas (Ho) und CO_2-Zertifikatepreis

Jahr	Großhandelspreis Strom	Großhandelspreis Erdgas	Preis CO_2-Zertifikate
	EUR_{2017}/MWh	EUR_{2017}/MWh	EUR_{2017}/t
2017	34	17	6
2018	45	19	20
2019	42	19	22
2020	41	20	23
2025	52	22	24
2030	63	23	35
2040	67	25	53

Quelle: Prognos 2019

Die **Erdgaspreise (Großhandel)** lagen Anfang 2017 noch auf einem sehr niedrigen Niveau, das auch bis Ende 2018 nur leicht stieg. Aufgrund einer nur moderat steigenden Nachfrage bei genügend großem Angebot ist aktuell die Einschätzung (u. a. der IEA), dass die Erdgaspreise auch langfristig relativ niedrig bleiben. Zu dem Großhandelspreis kommen für Kraftwerksgas zusätzliche Kosten für die Strukturierung und den Transport in Höhe von 3 bis 4 EUR/MWh Erdgas. Dabei können sich Abweichungen je nach Unternehmen und Anlage durch spezifische Verträge ergeben. Insgesamt wirken Änderungen bei den Spotmarktpreisen unterschiedlich stark auf den individuellen Preis für einzelne Anlagen und damit auf deren Wirtschaftlichkeit.

Die Preise für **CO_2-Zertifikate** sind seit Beginn 2018 kontinuierlich gestiegen und haben zeitweise ein Niveau von fast 25 Euro/t erreicht.

Strom- und Erdgas-Endkundenpreise

Die Strom- und Erdgaspreise für KWK-Anlagen, die zur Objekt- und Industrieversorgung eingesetzt werden, hängen von der Kundengruppe ab, die sich je nach Anwendungsfall unterscheidet. Die in den Berechnungen verwendeten Endkundenpreise sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 dargestellt.

Die Endkundenpreise werden von den Änderungen der Großhandelspreise beeinflusst. Daneben spielt die Entwicklung der Entgelte und Umlagen eine große Rolle. Die **Erdgaspreise** für Endkunden wurden für das Ausgangsjahr für verschiedene Eurostat-Verbrauchsgruppen ermittelt und deren Steuer- und Abgabenbelastung an die untersuchten Abnahmefälle angepasst. Die Entwicklung der Endkundenpreise nach Verbrauchsgruppen wurde anschließend an die angenommene Entwicklung der Großhandelspreise angepasst. Für Gaskunden mit einem geringeren Verbrauch (Haushalte, GHD, kleinere Industrieunternehmen) steigen die Preise ab 2020 und in den folgenden Jahren vor allem aufgrund der steigenden Netzkosten und des berücksichtigten CO_2-Aufschlags. Prozentual steigen sie weniger stark als bei den Großverbrauchern, da Netzkosten im Verteilnetz, Abgaben und Steuern bei den kleineren Verbrauchern einen höheren Anteil an den Endkundenpreisen haben. Bei Industrieunternehmen mit einem hohen Verbrauch (insbesondere die Abnahmefälle Industrie 4-6 mit einem durchschnittlichen Verbrauch über 278 GWh pro Jahr) steigen die angenommenen Erdgaspreise durch die höheren Importpreise und ab 2020 durch den CO_2-Aufschlag.

Tabelle 22: Endkundenpreise Erdgas nach Kundengruppen und Verbrauchswerten, real, oberer Heizwert, mit/ohne MwSt.; ab 2020 mit Aufschlag CO_2

Abnahmefall, Jahresverbrauch	Einheit	2019	2020	2030	2040
Haushalte, < 55.500 kWh/a (inkl. MwSt.)	$Cent_{2017}$/kWh	6,1	6,8	7,8	9,2
GHD1, < 55.500 kWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	5,1	5,7	6,6	7,8
GHD2, > 55.555 kWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	4,6	5,2	6,0	7,1
GHD3, < 2,7 MWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	3,8	4,4	5,1	6,0
GHD4, < 27,7 GWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	3,4	4,0	4,7	5,5
IND1, < 277 MWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	4,2	4,8	5,6	6,6
IND2, < 2,7 MWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	3,6	4,2	4,9	5,8
IND3, < 27,7 GWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	3,3	3,8	4,5	5,3
IND4, < 278 GWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	2,6	3,1	3,7	4,4
IND5, < 1.111 GWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	2,3	2,8	3,4	4,0
IND6, > 1.111 GWh/a	$Cent_{2017}$/kWh	2,2	2,7	3,3	3,8

Quelle: Prognos 2019 nach Eurostat, eigene Fortschreibung
GHD= Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, IND = Industrie

Bei den **Strompreisen** für Endkunden wurden neben Kosten für Beschaffung und Betrieb folgende Bestandteile berücksichtigt:

- Netzentgelte
- EEG-Umlage
- KWKG-Umlage
- Umlagen auf Grundlage des EnWG (AbLaV, § 19 StromNEV, Offshore-Haftungsumlage)
- Konzessionsabgabe, Stromsteuer
- ggf. Mehrwertsteuer

Diese Bestandteile wurden einzeln analysiert und es wurden Annahmen zu ihrer Entwicklung über den betrachteten Zeitraum getroffen. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Netzentgelte im Betrachtungszeitraum aufgrund des nötigen Netzausbaus weiter steigen. Die EEG-Umlage für nicht privilegierte Verbraucher wurde aufbauend auf dem vom Öko-Institut entwickelten und von AGORA Energiewende online bereitgestellten EEG-Rechner berechnet. Der EEG-Rechner wurde dabei an die abgestimmte Entwicklung der Großhandelsstrompreise angepasst, die Ausnahmetatbestände wurden in ihrer heutigen Form beibehalten (Stand 2019). Diese Annahmen führen dazu, dass die EEG-Umlage bis Anfang der 2020er Jahre steigt und anschließend kontinuierlich sinkt. Bei der KWKG-Umlage wurde von einer steigenden Förderung über das KWKG bis 2025 ausgegangen, die anschließend im Betrachtungszeitraum nominal konstant bleibt. Damit steigt die angenommene KWKG-Umlage für nicht privilegierte Verbraucher[8] ebenfalls bis 2025 und sinkt anschließend. Bei den weiteren Umlagen und Abgaben (Umlagen auf Grundlage des EnWG, Konzessionsabgabe, Stromsteuer) wurde davon ausgegangen, dass diese real in ihrer jetzigen Höhe beibehalten werden, die Befreiungstatbestände wurden in den Annahmen ebenfalls nicht verändert.

Aus der Summe der Entwicklung der unterschiedlichen Strompreisbestandteile ergibt sich ein Gesamtpreis. Dieser wird für die verschiedenen Verbrauchergruppen in Tabelle 23 dargestellt.

[8] Durch die Anpassung der Privilegierung im KWKG 2017 sinkt die reguläre KWK-Umlage für die nicht privilegierten Verbraucher zunächst von 2017 bis 2019.

Tabelle 23: Endkundenpreise Strom

Abnahmefall/ Jahresverbrauch/ Netzebene Stromentnahme	Einheit	2019	2020	2030	2040
Haushalte, 3.500 kWh/a, NS, (inkl. MwSt.)	$Cent_{2017}$/kWh	29,9	30,9	28,7	28,3
GHD1 (Dienstleistungsgewerbe), 50 MWh/a, NS	$Cent_{2017}$/kWh	23,2	23,7	21,6	21,0
GHD2, (Einzelhandel), 200 MWh/a, NS	$Cent_{2017}$/kWh	21,3	21,9	19,8	19,1
GHD2a, (Schule), 200 MWh/a, NS, (inkl. MwSt.)	$Cent_{2017}$/kWh	25,4	26,0	23,5	22,7
GHD3 (Dienstleistung, groß), 1.000 MWh/a, MS	$Cent_{2017}$/kWh	17,3	17,8	15,3	14,2
GHD3a (Krankenhaus), 1.000 MWh/a, MS, (inkl. MwSt.)	$Cent_{2017}$/kWh	20,5	21,2	18,3	16,9
IND1 (Kleingewerbe), 50 MWh/a, NS	$Cent_{2017}$/kWh	22,5	23,1	21,1	20,5
IND2 (KMU), 200 MWh/a, NS	$Cent_{2017}$/kWh	20,8	21,4	19,4	18,8
IND3 (KMU), 1.000 MWh/a, MS	$Cent_{2017}$/kWh	16,8	17,3	15,0	13,9
IND4 (Industriebetrieb), 10.000 MWh/a, MS	$Cent_{2017}$/kWh	15,1	15,6	13,2	12,1
IND5 (Industriebetrieb), 100.000 MWh/a, HS	$Cent_{2017}$/kWh	13,8	14,3	12,0	10,8
IND6 (Industriebetrieb BesAR), 100.000 MWh/a, HS	$Cent_{2017}$/kWh	4,4	4,7	6,9	7,3
IND7 (Industriebetrieb BesAR), 1.000.000 MWh/a, HS	$Cent_{2017}$/kWh	4,0	4,3	6,5	6,9

Quelle: Prognos 2019
BesAR: EEG-Belastung wird an dieser Abnahmestelle durch die Besondere Ausgleichsregelung für stromkostenintensive Unternehmen nach § 64 EEG 2017 begrenzt (hier berücksichtigte Belastung: 0,1 Cent/kWh nach § 64 (2) 4. b)EEG 2017)
Stromentnahme: NS = Niederspannung, MS = Mittelspannung, HS = Hochspannung

Investitionskosten

Die Investitionsausgaben umfassen alle Ausgaben, die bis zur Inbetriebnahme der Anlagen anfallen. Enthalten sind hierin auch die Planungskosten und die Bauzeitzinsen.

Es wird sowohl bei den technischen Daten als auch bei den Investitionskosten (Modul- und Einbindungskosten) ein Mittelwert für die jeweilige Leistungsklasse gebildet. Gerade bei den Einbindungskosten unterscheiden sich die Projektkosten erheblich. In den Mittelwert gehen daher unterschiedliche technische Ausrüstungen und deren Kosten ein, um einen realistischen Mittelwert bilden zu können. Bei kleineren motorischen KWK-Anlagen wird z. B. davon ausgegangen, dass ein Großteil der Anlagen mit einem Brennwert-Abgaswärmetauscher ausgestattet werden. Ab 500 kW werden anteilig die Kosten für einen Niederdruck-Dampferzeuger mit 2 bar Überdruck zusätzlich zum Abgaswärmetauscher berücksichtigt.

Hinsichtlich der technischen Einbindungskosten unterscheiden sich die Projektkosten in der Realität erheblich. Die für die jeweilige Leistungsklasse ermittelten Investitionskosten sind aber so gewählt, dass sich die allermeisten Projekte in einem Bereich von +/- 15 % zu den angegeben Kosten wiederfinden dürften. Für den Bereich der Prozessdampf-Nutzung wurden zwei BHKW-Fälle

hinsichtlich der Kosten und der Leistungsdaten auf eine Dampfauskopplung mit 8 bar Überdruck angepasst.

Die Kosten sowie die Wirtschaftlichkeit für KWK-Anlagen mit zusätzlicher Kältebereitstellung mittels Ab- bzw. Adsorptionskältemaschine wurde nicht explizit ermittelt. Bis auf wenige Ausnahmen, bei denen aufgrund der Bedarfsstruktur nur KWKK-Anlagen in Frage kommen, kann davon ausgegangen werden, dass KWKK-Anlagen vorrangig realisiert werden, wenn sich deren Wirtschaftlichkeit trotz zusätzlicher Investitionskosten besser darstellen als die Projektrendite einer konventionellen KWK-Anlage. In diesen Fällen stellt demnach die konventionelle KWK-Anlage das System mit dem ggf. höheren Förderbedarf dar.

Die Investitionskosten beinhalten für alle Fälle jeweils die Modulkosten inkl. Transport, Montage und Inbetriebnahme sowie die technische Einbindung. Außerdem wurden die Beratungskosten für die jeweiligen Projekte berücksichtigt. Diese orientieren sich an der HOAI Technische Ausrüstung Zone 3 Mindestsatz. Bei Mini-KWK-Anlagen unter 10 kW wird nur sehr selten eine Ingenieursplanung durchgeführt, weshalb hier sehr geringe Planungskosten in Höhe von 250 bis 1.000 Euro angenommen werden. Bei einer 50 kW Anlage werden rund 25.000 Euro sowie bei einer 100 kW Anlage 40.000 Euro angenommen. Diese Kalkulation resultiert auf Basis der Annahme, dass nur ein Teil der Projekte die vollen Planungskosten nach HOAI aufweisen.

Aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen im Jahre 2019 werden bei motorischen KWK-Anlagen die für eine Erfüllung der Emissionsminderungsanforderung der 44. BImSchV notwendigen Investitionen für einen SCR-Katalysator samt Messtechnik und Harnstoff-Lagertank berücksichtigt. Für KWK-Anlagen mit einer Leistung oberhalb 135 kW elektrischer Leistung werden außerdem die Kosten ein Anlagenzertifikat (z. B. nach VDE-AR-N 4110) samt Konformitätserklärung eingerechnet.

Die Modulkostenabschätzungen der Verbrennungsmotoren stammen wie die Daten für Leistungen und Effizienz aus der aktuellen Erhebung der BHKW-Kenndaten des BHKW-Infozentrums. Diese wurden hinsichtlich der motorischen BHKW-Anlagen aus dem Datenstand 2018 entnommen, beruhen auf Befragungen von 44 Anbietern und enthalten 577 verschiedene Erdgas-BHKW-Module. Außerdem gehen Auswertung von Projekten, die auf Basis von Anfragen bei Akteuren der BHKW-Branche ermittelt wurden, ein.

Um eine gute Vergleichbarkeit gegenüber dem KWK-Monitoringbericht 2014 gewährleisten zu können, wird auch eine 1 kW-Anlage aufgeführt, obwohl derzeit die kleinste kommerziell verfügbare Motorenanlage eine Leistung von 1,5-2,0 kW aufweist. Bereits bei den Modulkosten existieren zwischen den einzelnen Anbietern erhebliche Preisunterschiede. In den Investitionskosten (Modul- und Einbindungskosten) enthalten sind die Kosten für das BHKW-Modul (Genset), den Schalt- und Steuerschrank, die bei Motoren notwendige Schmierölver- und -entsorgung, die

Emissionsminderungsmaßnahmen, die Fernüberwachung sowie die ggf. notwendige Be- und Entlüftung des Raums bzw. der ebenfalls berücksichtigten (begehbaren) Schalldämmkapsel für das Modul. Bei turboaufgeladenen Motoren ist der Rückkühler und dessen Installation im Preis enthalten.

Bei den Einbindungskosten wird neben der technischen Einbindung (Elektro, Strom, Brennstoff, Abgas, Lüftung) auch die Kosten für einen Schallschutz, der die Vorgaben der TA Lärm erfüllt, eingerechnet. Hierzu gehören insbesondere im motorischen Bereich Schalldämmkapsel, zwei Abgasschalldämpfer, Körperschallentkopplungen sowie Zu- und Abluftschalldämpfer.

Bei den BHKW-Anlagen bis 100 kW wird von einer Aufstellung in einer bestehenden bzw. für die Heizkesselanlage neu gebauten Heizraum ausgegangen. Bauliche Maßnahmen wie (schalltechnisch entkoppelte) Betonsockel für das BHKW-Modul sowie Wanddurchbrüche und Kernbohrungen werden berücksichtigt. Bei größeren Anlagen gehen in die Kostenprognosen teilweise die Kosten für ein funktionales Gebäude ein. So wird z. B. bei einer BHKW-Anlage mit rund 2 MW bei jeder dritten und bei einer 10 MW-Anlage bei jeder KWK-Anlage die Errichtung eines funktionalen Gebäudeanbaus angenommen.

Weiterhin wird zur Vermeidung taktender Betriebsweise ein gedämmter Wärmespeicher in den Kosten berücksichtigt, der rund eine Stunde Wärmeproduktion aufnehmen kann. In den Kosten enthalten sind die Kosten für die Dämmung der für das BHKW notwendigen Wärmeleitungen sowie der Abgasleitungen (Berührungsschutz).

In den Kosten inkludiert sind alle Transport- und Montagekosten, die Befüllung und Inbetriebnahme der Anlage sowie die elektrotechnische und brennstoffseitige Einbindung gemäß den geltenden Vorgaben. Messtechnisch wurden bei den KWK-Anlagen ab 5 kW jeweils ein Ultraschall-Wärmemengenzähler, ein Gasmengen-Zähler sowie ein Stromzähler bei den Investitionskosten berücksichtigt. Weiterhin wird zur Überwachung der KWK-Anlage ein Rauch- und ein CO-Melder samt Aufschaltung auf die BHKW-Steuerung berücksichtigt. Bei den BHKW-Anlagen ab 500 kW wird auch die Aufschaltung dieser Elemente auf die zentrale Brandmeldeanlage samt Gaswarnanlage berücksichtigt.

Da die Kosten und die Effizienzwerte für eine Brennwert-Technik berücksichtigt werden, sind aus diesem Grund bei allen Anlagen die Aufwendungen einer einfachen hydraulischen Optimierung (Schließung Überströmstrecken, Umbau hydraulischer Elemente, Einbau geregelter Pumpen) in die Kosten eigerechnet worden.

Die Einbindungskosten betragen im Leistungsbereich bis 100 kW rund 40 bis 60 Prozent der Modulkosten und bei größeren Motoraggregaten 45 bis 75 Prozent.

Für die Anlagen ab 50 MW wurden die Werte der KWKG Evaluierung [Prognos/IFAM/IREES/BHKW-Consult 2014] verwendet und ggf. aktualisiert. Dies gilt auch für die Annahmen zu den fixen und variablen Betriebskosten der KWK-Anlagen. Die Investitionsausgaben und Betriebskosten der betrachteten Anlagen sind in Tabelle 20 am Anfang dieses Kapitels mit aufgeführt.

Die fixen Betriebskosten fallen unabhängig von der Laufzeit der KWK-Anlage projektspezifisch an und werden daher in Euro pro Leistung und Jahr ausgewiesen.

Fixe Betriebskosten

Die fixen Betriebskosten enthalten die notwendigen Administrationen der KWK-Anlage, anteilige Gebäudeversicherungs-Beiträge sowie Bedienkosten gemäß der Abschätzung, wie sie von der VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1 vorgegeben wird. Soweit gesetzlich vorgeschrieben sind auch wiederkehrende immissionsschutzrechtliche Messungen, Schornsteinfeger-Kosten und Sachverständigengutachten in diesen Kosten enthalten. Zusätzlichen administrativen Aufwendungen wie z. B. die Meldung nach Energiesteuer-Transparenzverordnung, die Meldung der EEG-Umlage, KWKG-Jahresmeldungen sowie Erfassung und Meldung der negativen Strompreise werden monetär berücksichtigt.

Die fixen Betriebskosten fallen unabhängig von der Laufzeit der KWK-Anlage projektspezifisch an und werden daher in Euro pro Leistung und Jahr ausgewiesen.

Variable Betriebskosten

Die variablen Betriebskosten beinhalten die Inspektionen, regelmäßigen Wartungsarbeiten, die Instandsetzung sowie die Grundrevision inklusive aller Materialien und Verbrauchsgüter wie z. B. Schmieröl. Die Instandhaltungskosten beruhen auf einer Auswertung von 345 aktuellen Serviceangeboten und basieren hinsichtlich des Leistungsumfangs auf Grundlage der VDI 4680 „Blockheizkraftwerke – Grundsätze für die Gestaltung von Serviceverträgen“. Es wird angenommen, dass Wartung und Instandsetzung über Serviceverträge sichergestellt werden. Eigene Personalkosten der Unternehmen werden für Wartungsarbeiten nicht angesetzt. Der Aufwand auf Seiten der Anlagenbetreiber für Kontroll- und Bedienzeiten sind in den fixen Betriebskosten enthalten.

Berücksichtigt wird in den variablen Betriebskosten auch die „große“ Generalüberholung nach rund 40.000 bis 70.000 Vollbenutzungsstunden. Die hierfür veranschlagten Kosten bei den Motorenanlagen liegen in Höhe von 30-35 % der Modulkosten. Konkret werden bei eine 2 MW-Anlage rund 300.000 Euro (netto) und bei einer 500 kW-Anlage rund 110.000 Euro veranschlagt.

Die erhobenen Kosten beinhalten bei Kompaktmodulen alle vom BHKW-Anbietern gelieferten Elemente – hierzu gehören auch die Katalysatoren. Die zusätzlichen Kosten für den Betrieb eines SCR-

Katalysators wurden auf Basis von Herstelleranfragen berücksichtigt, wobei aber eine Teilkompensation (Halbierung) der Betriebskosten aufgrund der Erhöhung der elektrischen Effizienz bei einer Fahrweise mit geringerem Luftüberschuss angenommen wird.

Die Daten zu den variablen Betriebskosten für Wartung, und Instandhaltung der Anlagentypen DT 1, GT 1 und GuD 1 basieren auf Veröffentlichungen zu einzelnen Projekten und Einzelgesprächen mit Anlagenbauern und Investoren.

Eine separate Berücksichtigung der Wartung und Instandsetzung der technischen Einbindung in Höhe von 1,5 % der Einbindungskosten pro Jahr, wie dies in der VDI 2067 Blatt 1 vorgesehen ist, erfolgt für alle Anlagen.

Auch bei den variablen Kosten gilt, dass die Werte für die Anlagentypen in der Realität eine nicht unerhebliche Schwankungsbreite aufweisen, die u. a. abhängig vom Hersteller der KWK-Anlage und der Entfernung zwischen Service-Stützpunkt und Standort der KWK-Anlage ist.

Betrachtungszeit und kalkulatorischer Zinssatz

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden je nach Anlagengröße für unterschiedliche Lebensdauern durchgeführt. Der Betrachtungszeitraum beträgt für Anlagentypen aus den Sektoren Private Haushalte und GHD 10 Jahre, für Industrieanlagen bis 10 MW elektrischer Leistung 15 Jahre und für Industrieanlagen und die betrachteten KWK-Anlagen im Bereich der Öffentlichen Versorgung 20 Jahre. In Tabelle 20 sind ebenfalls die Betrachtungszeiträume der einzelnen Anlagen als „Kalkulationsdauer“ dargestellt.

EEG-Umlage

Die Berechnungen für die Entwicklung der EEG-Umlage berücksichtigen die neuen Regelungen zur Belastung des Eigenstromverbrauchs von KWK-Neuanlagen mit der EEG-Umlage aus dem EEG 2017 (Stand 12. Dezember 2018).

Für den selbstgenutzten Strom aus neu errichteten zusätzlichen KWK-Anlagen muss mit Ausnahme des Anlagensegments von mehr als 1 MW bis einschließlich 10 MW elektrische Leistung eine anteilige EEG-Umlage in Höhe von 40 Prozent entrichtet werden. Ausgenommen von dieser Regelung sind die ersten 10 MWh Stromeigenverbrauch aus kleinen Anlagen mit einer installierten Leistung von unter 10 kW. Für diese Stromerzeugung zahlen die Nutzer keine EEG-Umlage. Für den Ersatz und die Modernisierung bestehender KWK-Anlagen gelten Sonderregelungen, die im Rahmen dieser Berechnungen nicht berücksichtigt werden.

Eine anteilige EEG-Umlage in Höhe von 40 Prozent gilt auch für das Anlagensegment von 1 MW bis 10 MW, wenn der Betreiber ein Unternehmen einer Branche nach Anlage 4 Liste 1 EEG 2017

ist (stromkosten- oder handelsintensive Branchen). Darüber hinaus kann sich die EEG-Belastung weiter reduzieren, wenn die Anlagen Abnahmestellen zugeordnet sind, deren EEG-Belastung durch die Besondere Ausgleichsregelung unternehmensindividuell begrenzt ist. Für die Eigenversorgung aus diesen neuen KWK-Anlagen fällt die EEG-Belastung dann nur in der Höhe an, die auch für den Strombezug an dieser Abnahmestelle festgelegt wurde.

Greifen keine der dargestellten unternehmensbezogenen Begrenzungen der EEG-Umlage für das Anlagensegment von mehr als 1 MW bis einschließlich 10 MW, gilt für Anlagen, die nach dem 01.01.2018 die Eigenversorgung aufgenommen haben, eine auslastungsspezifische Regelung. Bis zu einer Auslastung von 3.500 Vollbenutzungsstunden (Vbh) wird die gesamte Stromerzeugung zur Eigenversorgung aus dieser Anlage wie bei den kleineren und größeren Anlagen mit 40 Prozent der regulären EEG-Umlage belastet. Überschreitet die Eigenversorgung aus dieser Anlage die Grenze von 3.500 Vbh, reduziert sich die begünstigte Strommenge um die oberhalb der Grenze erzeugte Strommenge. Ein Beispiel: Eine 2-MW-Anlage erzeugt in 3.500 Stunden 7 Gigawattstunden Strom, der mit 40 Prozent der EEG-Umlage belastet wird. Erzeugt diese Anlage in 4.500 Stunden 9 Gigawattstunden Strom zur Eigenversorgung, wird nur noch die Eigenversorgung aus 2.500 Vbh, also 5 Gigawattstunden mit 40 Prozent belastet, der Rest ist voll umlagepflichtig. Ab einer Auslastung der Anlage von 7.000 Vbh zur Eigenversorgung gilt für die gesamte Eigenversorgung die reguläre EEG-Umlage.

Strom- und Wärmeerlöse

Stromerlöse:

Der erzeugte Strom wird in den Anwendungsfällen zu unterschiedlichen Anteilen selbst genutzt bzw. ins Netz eingespeist. Für Anlagen, die den erzeugten Strom komplett ins Netz einspeisen (Anlagen der Öffentlichen Versorgung) entspricht der Erlös dem Großhandelsstrompreis. Außerhalb der Öffentlichen Versorgung entsprechen die Stromerlöse für den selbst genutzten Strom den vermiedenen Strombezugskosten. Der Referenzerlös für diese Strommenge entspricht dem jeweiligen Endkundenstrompreis der Verbrauchsgruppe, in der die KWK-Anlage eingesetzt wird. Für die Einspeisung wird nach KWKG in einem rollierenden Verfahren für jedes Quartal der durchschnittliche Preis für Baseload im Großhandel des vorangegangenen Quartals angesetzt. Über das Jahr betrachtet sind die Unterschiede zum Großhandelsstrompreis der Anlagen der Öffentlichen Versorgung gering. Bei Anlagen, deren Betreiber sowohl Strom einspeisen als auch selbst nutzen, werden diese Referenzerlöse anteilig berücksichtigt.

Wärmeerlöse:

Als Wärmegutschrift werden die Kosten einer alternativen Wärmebereitstellung in einem Gaskessel angesetzt. Aus dem

Erdgaspreis des jeweiligen Jahres und Verbrauchstyps wird über den Wirkungsgrad des Kessels in Höhe von 90 % die Höhe der Wärmekosten ermittelt. Für die untersuchten KWK-Fälle bei denen Prozessdampf mit 8 bar Überdruck erzeugt wird, wurde abweichend ein Kesselwirkungsgrad 87 % angesetzt.

Es wird unterstellt, dass im Regelfall die alternative Wärmebereitstellung durch bestehende Spitzenkessel geleistet werden kann. Daher wurden keine Kapitalkosten für die Spitzenkessel angesetzt.

Für Anlagen der Öffentlichen Versorgung stellt diese Wärmegutschrift einen oberen Erlös dar. Dies entspricht dem Fall, dass die KWK-Anlage die Wärmeerzeugung aus einem Gas-Spitzenkessel verdrängt. In den meisten Fernwärmesystemen in Deutschland speisen mehrere KWK-Anlagen und Spitzenkessel in das angeschlossene Wärmenetz ein und der mögliche Wärmeerlös kann auch geringer ausfallen. Daher wurde für Anlagen der Öffentlichen Versorgung ein Misch-Wärmeerlös verwendet: Als Wärmeerlöse wurden dazu zur Hälfte der entgangene Stromerlös und zur Hälfte die alternative Wärmeerzeugung im Gaskessel angesetzt. Der entgangene Stromerlös berücksichtigt dabei die durch die Wärmeentnahme verringerte Stromerzeugung in der Anlage.

Sonstige Erlöse

Erlöse **aus vermiedenen Netznutzungsentgelten (vNNE)** durch die dezentrale Stromeinspeisung stellen insbesondere für KWK-Anlagen der Öffentlichen Versorgung eine relevante Einnahmeposition dar. Das am 22. Juli 2017 in Kraft getretene NEMoG regelt die Berechnung der Erlöse aus vermiedener Netznutzung neu. Die vNNE werden ab dem Jahr 2018 auf Grundlage der Netzentgelte des Jahres 2016 abzüglich der Kosten für die Offshore-Anbindung eingefroren. Für Neuanlagen ab dem 1. Januar 2023 werden die vNNE abgeschafft. Damit erhalten KWK-Anlagen, die bis Ende 2022 in Betrieb gehen, weiterhin diesen zusätzlichen Erlös, auf einem etwas niedrigeren Niveau als in den vergangenen Jahren. Auch KWK-Anlagen aus dem Segment 1 MW bis 50 MW, deren Förderhöhe über Ausschreibungen bestimmt wird, erhalten weiterhin die Erlöse aus vNNE.

KWK-Anlagen werden auch im **Regelleistungsmarkt** eingesetzt und erzielen in diesem Bereich Erlöse. Diesen Erlösen stehen allerdings entgangene Einnahmen aus der Stromvermarktung und ggf. auch aus der Wärmeerzeugung gegenüber. Im Rahmen der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden daher vereinfachend keine zusätzlichen Erlöse aus dem Regelleistungsmarkt angesetzt.

4.3.3 Ergebnisse Objekt- und Industrie-KWK-Anlagen

Um typische Anwendungsfälle für KWK-Anlagen im kleinen Leistungsbereich untersuchen zu können, wurden wie bereits in der KWKG-Evaluierung 2014 typische Kombinationen von

Versorgungsobjekten und KWK-Anlagen gebildet. In den Verbrauchsgruppen unterscheiden sich die Endkundenpreise für Strom und Gas je nach Sektor und Höhe des jährlichen Strom- und Wärmebedarfs. Tabelle 24 stellt die betrachteten Versorgungsobjekte dar, Tabelle 25 die sich in der Kombination aus Versorgungsobjekten und KWK-Anlagen ergebenden 28 Untersuchungsfälle. Gegenüber der ursprünglichen Untersuchung aus dem Jahr 2014 wurden für 2019 vier Anwendungsfälle hinzugefügt (14a, 15a, 18a und 22a), mit denen auf der Wärmeseite bei BHKW ab einer elektrischen Leistung von 1.990 kW auch eine in der Praxis anzutreffende Auskopplung von Prozessdampf (8 bar Überdruck) untersucht wird. Die einzelnen Untersuchungsfälle sind im Anhang im Detail beschrieben.

Tabelle 24: Versorgungsobjekte

Sektor	**Objekt**	**Strombedarf** MWh/a	**Wärmebedarf** MWh/a	**Strompreis** Abnahmefall	**Gaspreis** Abnahmefall
Haushalt	Einfamilienhaus	4	20	Haushalte	Haushalte
Haushalt	Zweifamilienhaus	8	37	Haushalte	Haushalte
Wohnungswirtschaft	12 Familienhaus	42	120	Haushalte	GHD1
Wohnungswirtschaft	60 Familienhaus	150	450	GHD1	GHD2
GHD	Dienstleistungen	50	125	GHD1	GHD1
GHD	Schule	80	700	GHD2a	GHD3
GHD	Einzelhandel	200	500	GHD2	GHD3
GHD	Krankenhaus	1.000	3.500	GHD3a	GHD4
GHD	Hotel	1.000	1.400	GHD3	GHD3
GHD	Dienstleistungen, groß	10.000	25.000	GHD3	GHD4
Industrie	z. B. Maschinenbau	5.000	12.500	IND3	IND3
Industrie	z. B. Automobilzulieferer	10.000	25.000	IND4	IND4
Industrie	z. B. Automobilwerk	100.000	200.000	IND5	IND5
Industrie	z. B. Papier (BesAR)	100.000	200.000	IND6	IND5
Industrie	z. B. Chemie (BesAR)	1.000.000	2.000.000	IND7	IND6

Quelle: Prognos 2019

Tabelle 25: Betrachtete Fälle Objekt- und Industrieversorgung

KWK-Anlage/ Verbrauchertyp	BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 3a	BHKW 4	BHKW 5	BHKW 5 Dampf	DT 1	GT 1	BHKW 6	BHKW 6 Dampf	GuD 1
Einfamilienhaus Volllaststunden: Stromeigennutzung:	**Fall 1** 5.000 50 %											
Zweifamilienhaus Volllaststunden: Stromeigennutzung:	**Fall 2** 6.000 70 %	**Fall 3** 3.000 40 %										
12 Familienhaus Volllaststunden: Stromeigennutzung:		**Fall 4** 6.000 10 %										
60 Familienhaus Volllaststunden: Stromeigennutzung:		**Fall 5** 7.500 40 %										
Dienstleistungen Volllaststunden: Stromeigennutzung:		**Fall 6** 6.000 80 %										
Schule Volllaststunden: Stromeigennutzung:			**Fall 7** 4.500 30 %									
Einzelhandel Volllaststunden: Stromeigennutzung:			**Fall 8** 4.500 50 %									
Krankenhaus Volllaststunden: Stromeigennutzung:			**Fall 9** 6.000 90 %									
Hotel Volllaststunden: Stromeigennutzung:			**Fall 10** 6.000 90 %									
Stadtwerk Volllaststunden: Stromeigennutzung				**Fall 11** 5.000 90 %								
Maschinenbau Volllaststunden: Stromeigennutzung:					**Fall 12** 6.000 80 %							
Automobilzulieferer Volllaststunden: Stromeigennutzung:					**Fall 13** 5.000 90 %	**Fall 14** 4.500 50 %	**Fall 14a** 4.500 50 %					
Automobilwerk Volllaststunden: Stromeigennutzung:						***Fall 15*** *8.000 100 %*	***Fall 15a*** *8.000 100 %*	***Fall 16*** *5.500 100 %*	***Fall 17*** *5.500 100 %*	***Fall 18*** *5.500 100 %*	***Fall 18a*** *5.500 100 %*	**Fall 19** 5.000 80 %
Papier (BesAR) Volllaststunden: Stromeigennutzung:								**Fall 20** 6.000 90 %	**Fall 21** 6.000 90 %	**Fall 22** 6.000 90%	**Fall 22a** 6.000 90%	**Fall 23** 5.000 80 %
Chemie (BesAR) Volllaststunden: Stromeigennutzung:												**Fall 24** 6.000 90 %

Quelle: Prognos 2019

Für die betrachteten 28 Fälle ergeben sich **mit dem KWK-Zuschlag** die in Tabelle 26 dargestellten Projektrenditen. Eine rote

Schrift markiert die unwirtschaftlichen Fälle mit einer negativen Projektrendite.

Tabelle 26: Projektrendite (interner Zinsfuß) für Neubauprojekte von Objekt- und Industrie-KWK-Anlagen

Mit KWK-Zulage für Anlagen <1MW	**BHKW 1**	**BHKW 2**	**BHKW 3**	**BHKW 3a**	**BHKW 4**	***BHKW 5***	***BHWK 5 Dampf***	***DT 1***	***GT 1***	***BHKW 6***	***BHKW 6 Dampf***	***GuD 1***
Anlagengröße	1 kW	5 kW	50 kW	100 kW	500 kW	*2 MW*	*2 MW*	*5 MW*	*5 MW*	*10 MW*	*10 MW*	*20 MW*
Einfamilienhaus	-X											
Zweifamilienhaus	-35%	-37%										
12 Familienhaus		-39%										
60 Familienhaus		-13%										
Dienstleistungen		-3%										
Schule			1%									
Einzelhandel			8%									
Krankenhaus			20%									
Hotel			17%									
Stadtwerk				18%								
Maschinenbau					25%							
Automobilzulieferer					22%	*19%*	*14%*					
Automobilwerk						*29%*	*23%*	*14%*	*27%*	*28%*	*23%*	*19%*
Papier (BesAR)								*-4%*	*1%*	*3%*	*-3%*	*4%*
Chemie (BesAR)												5%

Rote Schrift: Negative Projektrendite, -X = unwirtschaftlich, da dauerhaft negativer Cashflow
Kursive Schrift: Fälle, die aufgrund der Entscheidung für die Eigenversorgung keine Förderung nach dem KWKG (Zuschläge für Einspeisung/Selbstnutzung) erhalten
Quelle: Prognos 2019

Für die beiden Anlagen BHKW 1 und BHKW 2, die hauptsächlich in Wohnungsobjekten eingesetzt werden, ergeben sich in allen betrachteten Fallkonstellationen negative Projektrenditen. Gründe hierfür sind höhere Brennstoffpreise und in den meisten Fällen niedrige Eigennutzungsquoten. Außerdem sind die spezifischen Investitionskosten dieser beiden Anlagen mit Abstand die höchsten. Selbst der Fall 6, mit der höchsten Eigennutzungsquote für BHKW 2, weist trotz Förderung durch das KWKG eine leicht negativ Projektrendite auf.

Die Wirtschaftlichkeit des BHKW 3 stellt sich deutlich besser dar, alle betrachteten Fallkonstellationen erreichen positive Projektrenditen. Dies liegt zum einen an den spezifischen Investitionskosten dieses Anlagentyps, die deutlich geringer sind als bei den beiden kleineren Anlagentypen. Zum anderen steigt die Wirtschaftlichkeit deutlich mit einer höheren Eigennutzungsquote: 30 Prozent Eigennutzung in einem Schulgebäude resultieren in einer Projektrendite von 1 Prozent. Dieses Projekt liegt damit aber unter der Schwelle zur wirtschaftlichen Umsetzung. Bei einem Einsatz der Anlage im

Einzelhandel ergibt sich dagegen mit 8 Prozent eine Projektrendite, die unter den angenommenen Erwartungen zur Realisierung des Projektes ausreicht. In einem Krankenhaus oder Hotel lassen sich über hohe Wärme- und Strombedarfe Eigennutzungsquoten von 90 Prozent erreichen, die zu guten Projektrenditen von 17 bis 20 Prozent führen.

Im **Leistungssegment bis 50 kW** gibt es neben den ausgewählten Einsatzfällen für die BHKW 1 bis 3 noch eine Vielzahl weiterer Fälle, die für ihren Einsatzort optimiert wurden und sich dann wirtschaftlich deutlich besser darstellen. Insbesondere die erreichbare Stromeigennutzungsquote hat einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

Wirtschaftlich gut umsetzbar sind die untersuchten Einsatzfälle im **Leistungssegment zwischen 50 kW und 1 MW**. Die Fälle 11 bis 13 profitieren einerseits durch die KWK-Förderung, andererseits sinken die spezifischen Anlagenkosten mit zunehmender Anlagengröße.

Das gegenüber dem BHKW 3 doppelt so große BHKW 3a zeigt, dass eine KWK-Anlage mit 100 kW elektrischer Leistung wirtschaftlich betrieben werden kann (Fall 11). Wird es in einem kleineren Stadtwerk zur Fernwärmeversorgung bei einer gleichzeitigen hohen Stromeigennutzung eingesetzt, ergibt sich eine Projektrendite von 18 Prozent. Der deutlich größere Anlagentyp BHKW 4 wird in den für die Studie generierten Fallbeispielen ausschließlich in Industriebetrieben eingesetzt. Für das BHKW 4 mit einer elektrischen Leistung von 500 kW ergeben sich in den untersuchten Einsatzbereichen (Fälle 12 und 13) Projektrenditen von bis zu 25 Prozent. Dieser Anlagentyp ist in den dargestellten Fällen also wirtschaftlich umsetzbar.

Für die in Tabelle 26 weiter rechts dargestellten Anlagen ab dem BHKW 5 wurde keine Förderung durch das KWKG unterstellt. Sie verzichten auf eine Förderung durch das KWKG, da sie sich im **Leistungssegment von 1 MW bis 50 MW** befinden und einen Teil ihres erzeugten Stroms als Eigenversorgung nutzen wollen. Bei Eigenversorgung ist eine Teilnahme an der Segmentausschreibung nicht möglich bzw. ist die Nutzung der Vorteile durch die Eigenversorgung attraktiver.

Die Fälle 14 bis 15a, in denen das BHKW 5 zum Einsatz kommt, sind auch ohne Förderung durch das KWKG wirtschaftlich, wenngleich hier eine hohe Auslastung der Anlage wichtig für eine schnelle Amortisation ist. Das im Jahr 2019 neu in die Untersuchung aufgenommene BHKW 5 Dampf (Fälle 14a und 15a) schneidet in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung etwas schlechter ab als die Standardvariante mit einer niedrigeren Temperatur der Wärmeauskopplung. Hauptgründe hierfür sind die höhere Investition und der geringere elektrische Wirkungsgrad der Anlagen.

Der Vergleich der erzielbaren Projektrenditen der Fälle 16 bis 24 verdeutlicht, dass die Wirtschaftlichkeit einer Anlage in der

Industrie stark geprägt wird durch die Auslastung der Anlage und – stärker noch – durch die Strombezugskosten des Unternehmens, das die Anlage errichtet. Kann ein Unternehmen, das mit der regulären EEG-Umlage belastet wird (Fälle 16 bis 19), einen sehr hohen Anteil seines erzeugten Stroms selbst nutzen, so sind diese Anlagen meist überdurchschnittlich wirtschaftlich. Die Gasturbine (GT 1) und das BHKW 6 erreichen in diesen Fallkonstellationen jeweils Projektrenditen knapp unter 30 Prozent und damit eine Amortisationszeit im Bereich von rund drei bis vier Jahren. Dampfturbinen (DT 1) und kleinere GuD-Kraftwerke können ebenfalls wirtschaftlich betrieben werden, allerdings sind von den Betreibern bei Projektrenditen von unter 20 Prozent längere Amortisationszeiträume zu akzeptieren.

Werden diese KWK-Anlagen in der energieintensiven Industrie, zum Beispiel in der Papier- oder Chemieindustrie eingesetzt (Fälle 20 bis 24), erzielen die Betreiber trotz sehr hoher Eigennutzungsquoten im Vergleich deutlich geringere Projektrenditen. Der Grund hierfür sind die deutlich niedrigeren Strombezugspreise der Betreiber aufgrund der Befreiung von bzw. Reduzierung vieler Umlagen und der in den nächsten Jahren noch gültigen Strompreiskompensation. Den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat die Höhe der EEG-Belastung des Strombezugs. Wie hoch die Projektrendite im Einzelfall ausfällt, hängt von der jeweiligen Fallkonstellation und dem Anlagentyp ab. Sowohl die DT 1 als auch die GT 1 und das BHKW 6 mit Dampfauskopplung erzielen in der stromkostenintensiven Papierindustrie (BesAR) negative Projektrenditen, sind also unwirtschaftlich. Ohne Dampfauskopplung erreicht das BHKW 6 eine knapp positive Projektrendite, die allerdings die Renditeerwartungen der Industrie bei weitem nicht erreicht. Gleiches gilt für das GuD 1, das in der stromkostenintensiven Papierindustrie bzw. Chemieindustrie mit Projektrenditen von 4 bis 5 Prozent kaum Realisierungschancen hat.

Fazit:

Die Wirtschaftlichkeit für KWK-Projekte im Objekt- und Industriebereich stellt sich weiterhin sehr unterschiedlich dar.

Dabei sind die Veränderungen in der Wirtschaftlichkeit gegenüber den Ergebnissen aus dem Jahr 2014 vor allem auf fünf Faktoren zurückzuführen:

- Die Investitionskosten sind bei nahezu allen Anlagen gegenüber 2014 leicht gestiegen.
- Die Strombezugskosten und auch die Erlöse für die Einspeisung von Strom sind gestiegen, die Erdgaspreise gesunken.
- Die Zuschlagsätze wurden im KWKG 2016 angepasst.
- Im KWKG 2017 wurden Ausschreibungen für das Anlagensegment von 1 MW bis 50 MW eingeführt, die bei Eigenversorgung zu einem Verlust der Förderung führen.

- Im EEG 2017 wurde die Begünstigung für KWK-Anlagen bei der EEG-Belastung für das Anlagensegment von 1 MW bis 10 MW geändert.

Vom Zusammenspiel dieser Veränderungen waren die untersuchten Abnahmefälle in unterschiedlicher Weise betroffen. Generell verschlechterte sich durch die Anpassungen im KWKG und EEG die Wirtschaftlichkeit größerer industrieller Anlagen mit hohen Strom-Eigennutzungsquoten gegenüber 2014, kleinere Anlagen mit niedrigerer Eigennutzungsquote hingegen profitierten von den Gesetzesänderungen. Hier fand also eine gewisse Angleichung der Wirtschaftlichkeit zwischen größeren industriellen Anlagen und kleineren Anlagen in anderen Sektoren statt. Insgesamt hat sich die Wirtschaftlichkeit für die untersuchten Abnahmefälle im Vergleich zu 2014 eher verschlechtert. Für die einzelnen Abnahmefälle ergibt sich folgendes Bild:

- Sehr kleine KWK-Anlagen (1 kW, 5 kW) haben in den betrachteten Varianten 2019 eine negative Projektrendite. Sie sind damit bei Ein- und Zweifamilienhäusern in etwa gleich unwirtschaftlich wie in der Evaluierung 2014. Im Bereich von Mehrfamilienhäusern und im Sektor GHD hat sich die Wirtschaftlichkeit verschlechtert, sodass positive Projektrenditen hier in der aktuellen Untersuchung der Abnahmefälle nicht mehr auftreten. Dennoch sind KWK-Anlagen auch in solchen Anwendungsfeldern in der Praxis anzutreffen, wenn die konkreten Rahmenbedingungen von den Standardannahmen positiv abweichen bzw. sich aus ordnungsrechtlichen Gründen (EnEV, EEWärmeG, EWärmeG) ein Einsatz positiv darstellen lässt. Kleine Anlagen profitieren zwar von den gesunkenen Erdgaspreisen, aufgrund ihrer hohen Kapitalkosten, die sich im Vergleich zur Evaluierung 2014 noch erhöht haben, schlagen sich diese aber weniger stark auf die Projektrendite durch. Für Anlagen in der Eigenversorgung wirkt sich die Einschränkung der Förderung auf Strom, der in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird, nachteilig aus. Dies wird durch die gestiegenen Zuschlagssätze für die Netzeinspeisung zum Teil ausgeglichen.

- Kleinere KWK-Anlagen (50 kW) im Bereich von Mehrfamilienhäusern und im Sektor GHD haben eine positive Projektrendite. Ein wirtschaftlicher Einsatz ist möglich, wenn ein Großteil des erzeugten Stroms im Objekt selbst genutzt werden kann. Dies entspricht in etwa der Wirtschaftlichkeit in der Evaluierung 2014. Für diese Anlagen wirken sich sowohl die neuen Förderbedingungen als auch die gefallenen Brennstoffpreise ähnlich wie bei den KWK-Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern aus.

- Mittelgroße Anlagen, die weder unter die neuen Ausschreibungsregeln des KWKG 2017 noch unter die Neuregelungen des EEG 2017 zur variablen EEG-Belastung fallen, weisen in

den untersuchten Fällen (100 kW, 500 kW) durchweg deutlich positive Projektrenditen auf, die bei hohen Eigennutzungsquoten für den erzeugten Strom auch die Renditeanforderungen der Industrie erfüllen. Dies bestätigt die Ergebnisse aus dem Jahr 2014.

- Wirtschaftlich sind weiterhin KWK-Anlagen im gewerblichen und industriellen Bereich mit hohen Nutzungsstunden und einem relativ hohen Strombezugspreis. Dies entspricht dem grundsätzlichen Ergebnis aus dem Jahr 2014, wenngleich die Projektrenditen für die größeren untersuchten Abnahmefälle ab 1,99 MW durch den Verlust der Förderung im Anlagensegment zwischen 1 MW und 50 MW und die Neuregelungen des EEG 2017 (Anlagensegment 1 MW bis 10 MW) z. T. deutlich gesunken sind.

- Größere und große KWK-Anlagen im Bereich der energieintensiven Industrie weisen im Vergleich zu Anlagen außerhalb der BesAR deutlich niedrigere, teilweise sogar negative Projektrenditen auf. Die sehr umfangreichen Ermäßigungen und Befreiungen bei den einzelnen Strompreiskomponenten (EEG-Umlage, sonstige Umlagen, ermäßigte Netzentgelte nach § 19 StromNEV, Strompreiskompensation, Stromsteuer) senken den Bezugspreis für Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung. Der Vorteil der Stromerzeugung von KWK-Anlagen vor Ort fällt dadurch geringer aus. Hinzu kommt der Verlust der Förderung durch das KWKG (Ausschreibung). Ein wirtschaftlicher Betrieb von neuen Anlagen ist unter Berücksichtigung der Renditeerwartungen in der Industrie in der Regel nicht mehr möglich.

4.3.4 Ergebnisse Anlagen der öffentlichen Versorgung

Kraftwerke, die in die öffentliche Fernwärmeversorgung einspeisen, vermarkten ihren Strom an der Börse. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird unterstellt, dass sie den gesamten produzierten Strom ins Netz der allgemeinen Versorgung einspeisen, Fälle mit Eigenversorgung wurden hier nicht betrachtet. Der Einsatz der Kraftwerke erfolgt über das Preissignal am Strommarkt, der stündliche Erlös der Kraftwerke entspricht dem jeweiligen stündlichen Strompreis. Neben den Stromerlösen werden Wärmeerlöse generiert, wenn gleichzeitig ein Wärmebedarf vorliegt und die Wärme eingespeist und verkauft wird. Für die Fernwärmeversorgung werden typischerweise größere Anlagen eingesetzt wie die Beispielanlagen BHKW 6 und die Gas- und Dampfkraftwerke GuD 1 bis GuD 4. Die Parameter dieser Anlagen sind in Tabelle 20 aufgeführt.

Für Anlagen mit einer Leistung zwischen 1 MW und 50 MW erfolgt die Ermittlung der Zuschlagshöhe ab Dezember 2017 über Ausschreibungen. Dies betrifft die Beispielanlagen BHKW 6 mit 10 MW und GuD 1 mit 20 MW. Für diese beiden Fälle erfolgt keine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit, da die über die Ausschreibung

ermittelten Fördersätze individuell und nicht öffentlich bekannt sind.

Für die drei übrigen Anlagen wird die Wirtschaftlichkeit der Neubau-Anlagen inklusive des KWKG-Zuschlags (Tabelle 19), jedoch ohne Kohlebonus, betrachtet. Den Kohlebonus erhalten Neubauanlagen nur, wenn sie ein altes Kohlekraftwerk ersetzen, das komplett stillgelegt wird. Somit stehen den zusätzlichen Erlösen durch den Kohlebonus individuell unterschiedlich hohe entgangene Erlöse durch das abgeschaltete Kraftwerk gegenüber. Eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von KWK-Neubauanlagen, die einen KWK-Zuschlag inklusive ETS-Zuschlag und einen Kohle-Ersatz-Bonus erhalten, ohne Betrachtung der entgangenen Erlöse ist daher nicht sinnvoll.

Tabelle 27 zeigt die Projektrenditen für KWK-Neubauanlagen, die einen KWK-Zuschlag inklusive ETS-Zuschlag erhalten. Für die drei betrachteten Anlagen ergeben sich inklusive KWKG-Förderung Projektrenditen zwischen 1,5 und 6,7 Prozent. Die Höhe der Projektrendite hängt insbesondere von den Wirkungsgraden und spezifischen Investitionskosten der Anlagen und in geringerem Maße von der übrigen Kostenstruktur ab. Diese Projektrenditen sind bei den Anlagen GuD 2 und GuD 3 (etwas) niedriger als die zumeist in der öffentlichen Versorgung geforderten 6 bis 8 Prozent. Die Projektrendite der Anlage GuD 4 erfüllt diese Anforderung.

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Evaluierung 2014 stellt sich die wirtschaftliche Situation von Neubauanlagen in 2019 besser dar. Dies liegt besonders an der günstigeren Preiskonstellation: Erdgaspreise haben sowohl kurz- als auch mittelfristig ein niedriges Niveau, die Großhandelsstrompreise sind dagegen leicht gestiegen. CO_2-Zertifikatepreise sind aktuell deutlich höher als in den Jahren 2014-2017, wovon die Effizienztechnologien wie die KWK profitieren.. Dieser Trend zeigte sich auch in der jährlichen Überprüfung der KWKG-Zuschlagssätze 2016-2018 : die Wirtschaftlichkeit von KWK-Neubauprojekten hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich verbessert. Insbesondere wenn ein Projekt besonders günstige Rahmenbedingungen aufweist werden KWK-Neubauprojekte realisiert Das können zum Beispiel ein höherer erzielbarer Wärmeerlös sein oder ein bestehender Standort, an dem günstig gebaut werden kann. Insgesamt wird der Bau von Neubauanlagen durch die Förderung über das KWKG möglich gemacht.

Tabelle 27: Projektrendite für Neuanlagen 2019 mit KWK-Zuschlag (inkl. ETS, ohne Kohle-Bonus)

		BHKW 6	**GuD 1**	**GuD 2**	**GuD 3**	**GuD 4**
Elektrische Nennleistung	MW	10	20	100	200	450
Projektrendite (inkl. KWKG Förderung)		Ausschreibung		1,5%	4,0%	6,7%

Quelle: Prognos 2019

Eine Wirtschaftlichkeit der Projekte ist aber stark von den Rahmenbedingungen von einzelnen Projekten abhängig und nicht durchgängig gegeben.

Bestandsanlagen

Die Wirtschaftlichkeit von KWK-Bestandslagen der öffentlichen Versorgung hat sich ebenfalls deutlich gebessert. Die KWKG-Bestandsanlagenförderung läuft Ende des Jahres 2019 aus. Für einige Anlagen im Größensegment ab 100 MW wurde die Bestandsanlagenförderung aufgrund von Überförderung bereits davor abgesenkt. Die im Vergleich zum Jahr 2014 deutlich verbesserte Marktsituation dürfte sich perspektivisch durch weiter steigende CO_2-Preise sowie den Ausstieg aus der Kernkraft im Jahr 2022 und den schrittweisen Kohleausstieg weiter verbessern. Auch ohne die Fortführung der Bestandsanlagenförderung ist keine vorzeitige Stilllegung von Erdgas-KWK zu erwarten.

4.4 Auswertung KWKG-Förderung

Die Effekte der letzten KWK-Novelle, die bei den Analysen zur Wirtschaftlichkeit der KWK erkennbar sind, spiegeln sich auch in den ausgeschütteten Fördersummen des KWKG:

Insgesamt wurden durch das KWKG im Jahr 2016 etwas über 1 Milliarde Euro an Fördergeldern ausgezahlt. Dabei entfielen knapp 120 Millionen Euro auf die Förderung von Wärme/ Kältenetzen oder -speichern und rund 900 Millionen auf KWK-Anlagen (siehe Kapitel 4.4).

Das Mini-KWK-Impulsprogramm zahlte zudem etwa 4,5 Millionen Euro für kleine KWK-Anlagen mit einer installierten Leistung unter 20 kW_{el} aus (siehe Kapitel 4.4.1). Weitere direkte Förderung können KWK-Anlagen über Länderprogramme und die KfW erhalten.

Die Effekte der KWK-Novellen lassen sich bei der Förderung von KWK-Anlagen, Wärmenetzen und Wärmespeichern erkennen:

1) In den Jahren 2014 bis 2016 wurden insgesamt knapp 3 GW neue KWK-Kraftwerke errichtet und durch das KWKG gefördert. Zusätzlich wurden in diesen Jahren KWK-Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von etwa 1,6 GW modernisiert. Im Vergleich zum Zeitraum vor 2014 ist damit das Neubau- und Modernisierungsvolumen im KWK-Bereich stark gestiegen.
2) Die eingeführte Förderung von Bestandsanlagen wurde gut angenommen. Etwa die Hälfte der Anlagenbetreiber einer Gas-KWK-Bestands-Anlage mit einer Leistung über 10 MW meldeten in 2016 KWK-Strom als förderfähig an (insgesamt 11,3 TWh). Der eingeführte Kohleersatz-Bonus wurde im Jahr 2016 von drei Anlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 173 MW in Anspruch genommen.
3) Der Zubau von Wärmespeichern hat sich gut entwickelt. Nach dem sehr starken Zubau im Jahr 2014 mit einem zugebauten Speichervolumen von über 120.000 m³ gingen die Zahlen im Jahr 2015 zurück. Die vorliegenden Anträge für 2016 lassen wieder auf einen sehr hohen Zubau von über 100.000 m³ schließen.

Zusätzlich profitiert die KWK-Erzeugung insbesondere im Bereich der Eigenversorgung von Vorteilen gegenüber dem Bezug von Netzstrom. Im Jahr 2016 betrug dieser Vorteil in etwa 1,4 Milliarden Euro. Zu den indirekten Vorteilen der KWK-Anlagen zählen Einsparungen bei der EEG-Umlage, der Stromsteuer

sowie den sogenannten vermiedenen Netzentgelten. Den größten Anteil der indirekten Förderung der KWK machen dabei Einsparungen bei der EEG-Umlage in Höhe von etwa 1,2 Milliarden aus.

Die Höhe der indirekten Förderung von KWK-Anlagen (siehe Kapitel 4.4.2) zeigt, dass die KWK-Förderung noch einen gewissen Modernisierungsbedarf aufweist. Bei der Transparenz der Förderung ist das KWKG hier schon auf einem guten Weg: Die neu eingeführten Ausschreibungen von KWK-Anlagen zwischen 1-50 MW schließen sämtliche Privilegien neben der Förderung aus und überführen den Förderbedarf transparent in die KWKG-Förderung.

4.4.1 Direkte KWK-Förderung

Die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung wird in Deutschland durch verschiedene Instrumente und Maßnahmen direkt gefördert. Durch Regelungen des KWKG sind 2016 insgesamt 1.016 Mio. Euro Fördergelder gezahlt worden. Hiervon zahlte das KWKG 111 Mio. Euro an Betreiber von Wärme- und Kältenetzen sowie 6 Mio. Euro an Betreiber von Wärme- oder Kältespeichern. Im strikten Sinne ergibt sich also eine direkte Förderung von KWK-Anlagen durch das KWKG in Höhe von 899 Mio. Euro (Netztransparenz, 2017a).

Neben dem KWKG besteht eine weitere direkte Förderung von KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 20 kW durch das sogenannte Mini-KWK-Impulsprogramm. Es wird durch die Richtlinie zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el} geregelt und durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) administriert. Die Summe für die 1.538 geförderten Mini-KWK-Anlagen mit rund 8 MW elektrischer Leistung betrug 2016 in etwa 4,5 Mio. Euro (BHKW-Infozentrum, 2017). Im Jahre 2017 wurden 1.221 Mini-KWK-Anlagen (7 MW) mit rund 3,7 Mio. Euro gefördert.

Zusätzlich haben einige Bundesländer eigene Förderprogramme für KWK aufgelegt. Im Jahre 2015 existierten noch in 13 der 16 Bundesländer Förderprogramme. Im Jahre 2017 reduzierte sich diese Zahl erheblich. Während Brennstoffzellen im Programm 433 der Kreditanstalt für Wiederaufbau gefördert werden, führt der Einsatz von KWK-Anlagen bei den KfW-Programmen 151, 152 und 430 seit dem 1. April 2016 zu einer Verwirkung der Förderfähigkeit nach dem KWKG. Die meisten Förderprogramme zielen wie das Mini-KWK-Impulsprogramm auf die Förderung kleiner KWK-Anlagen in einem beschränkten Anwendungsfeld. Beim Mini-KWK-Impulsprogramm ist dies zum Beispiel auf Wohngebäude begrenzt und bei einigen Länderprogrammen explizit auf Nichtwohngebäude. Das monetäre Fördervolumen dieser zusätzlichen

Programme wird im Vergleich zum KWKG als sehr gering eingeschätzt.

Infolge der Novellierung der Energie- und Stromsteuergesetze werden Investitionsbeihilfen für KWK-Anlagen für Energieerzeugnisse, die ab dem 1. Januar 2018 in KWK-Anlagen eingesetzt werden, auf die vollständige Energiesteuerrückerstattung nach § 53a Abs. 6 Energiesteuergesetz (EnergieStG) angerechnet. Dadurch weisen die Förderprogramme der öffentlichen Hand eine deutlich reduzierte finanzielle Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen auf. Die seit 2018 umgesetzte Regelung berücksichtigt alle Investitionsbeihilfen der öffentlichen Hand, die seit dem 1.4.2012 für KWK-Anlagen gewährt wurden.

Eine Ausnahme von der Anrechnung gewährter Investitionsbeihilfen auf die vollständige Energiesteuerberfreiung enthält das EnergieStG für KWK-Anlagen mit einer Leistung von mehr als 2 MW, deren Energiesteuer-Rückerstattung gemäß § 53 EnergieStG abgegolten wird. Außerdem erhalten Brennstoffzellen unabhängig von ihrer Leistungsgröße weiterhin die vollständige Energiesteuerrückerstattung nach § 47 Abs. 1 Nr. 3 EnergieStG.

KWK-Anlagen

Nach Maßgabe des KWKG haben Betreiber von KWK-Anlagen gegenüber dem Netzbetreiber einen Anspruch auf Zuschläge für KWK-Strom. Diese Förderung differenziert zwischen Größenklassen der elektrischen Leistung sowie zwischen Neuanlagen, modernisierten und nachgerüsteten Anlagen, und sonstigen Bestandsanlagen. Ein zusätzlicher Bonus wird beim Ersatz von bestehenden Kohle-KWK-Anlagen gezahlt.

Um in den Genuss der Zuschläge zu kommen, müssen die Anlagen vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) für die KWKG-Förderung zugelassen werden. Die folgenden Auswertungen basieren auf Daten, die vom BAFA zur Verfügung gestellt wurden und spiegeln den Bearbeitungsstand des BAFA zum 13. Februar 2019 wider.

Die Daten umfassen alle geförderten KWK-Anlagen, die auf Basis konventioneller Energieträger betrieben werden. Nicht erfasst sind die nach dem EEG geförderten KWK-Anlagen sowie KWK-Anlagen, für die die Betreiber keine Förderung nach dem KWKG beantragt oder bewilligt bekommen haben. Letzteres betrifft mit hoher Wahrscheinlichkeit nur sehr wenige Anlagen, die in Gebieten errichtet wurden, in denen bereits eine Fernwärmeversorgung vorliegt und die diese damit potenziell verdrängen würden (§ 6 Abs. 1 Nr. 4 KWKG 2017). In Zukunft werden dieses auch Anlagen zur Strom-Eigenversorgung sein. Eigenerzeugungsanlagen, die bis zum Jahr 2016 in Betrieb genommen wurden, erhalten aufgrund gesetzlich geregelter Übergangsregelungen ebenfalls eine KWKG-Förderung.

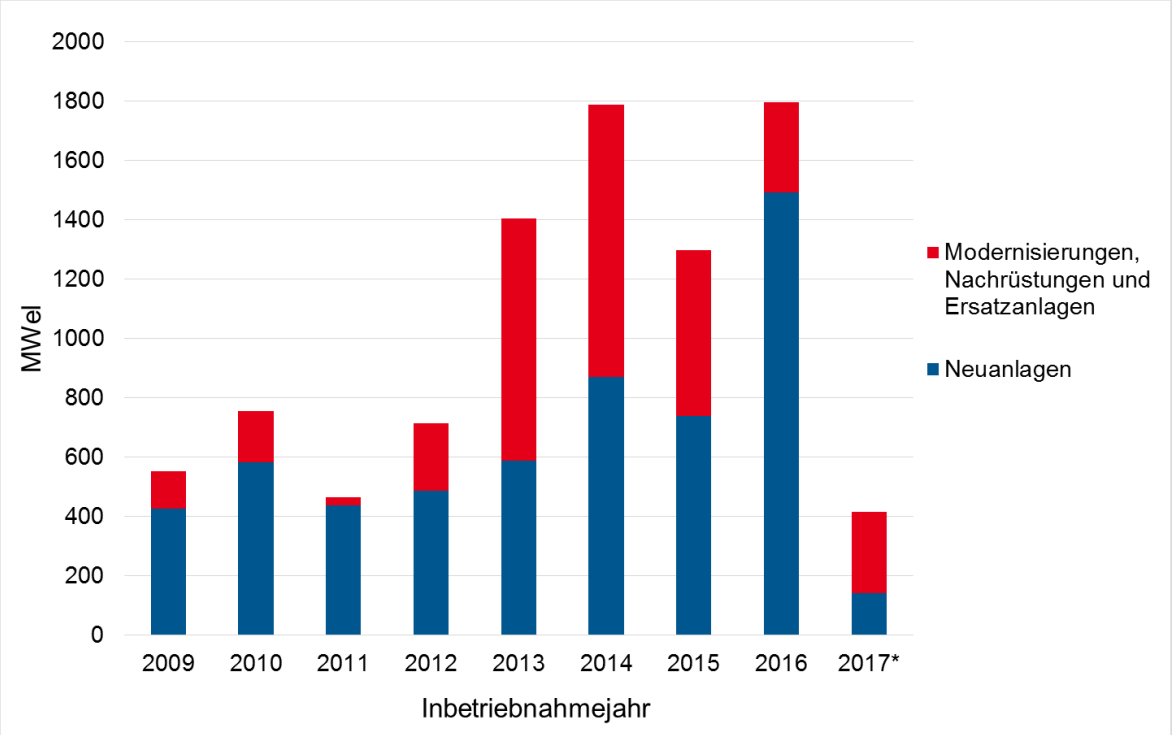
Neubau Modernisierung und Nachrüstung

Abbildung 9 zeigt die Entwicklung der vom BAFA seit 2009 zur KWKG-Förderung zugelassenen KWK-Anlagen, differenziert nach Neubau, Modernisierung und Nachrüstung. Die installierten Leistungen haben sich zwischen 2012 und 2013 nach der damaligen KWKG-Novelle mehr als verdoppelt. Die für den KWK-Zubau insgesamt wichtigsten neuen Elemente des KWKG 2012 waren eine Anhebung der Zuschlagsätze in allen Leistungsklassen sowie bei Modernisierung und Nachrüstung die Einführung einer definierten Menge an förderfähigen Vollbenutzungsstunden.

Nach einem weiteren Anstieg in 2014 sind die Neuzulassungen 2015 um etwa ein Viertel gesunken. Nachdem 2016 mit der erneuten KWKG-Novelle wieder das Niveau von 2014 erreicht wurde, sind die Neuzulassungen 2017 auf weniger als ein Vierte von 2016 eingebrochen. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass alle dargestellten Zulassungsdaten für 2017 nur eingeschränkt aussagekräftig sind, da Zulassungsanträge für das Jahr 2017 noch bis zum 31. Dezember 2018 eingereicht werden konnten und die gezeigten Daten auf dem Bearbeitungsstand des BAFA zum 13. Februar 2019 beruhen.

Die Zunahme der KWKG-Zulassungen nach der Novelle von 2012 wurde überwiegend durch Modernisierungen verursacht. Für 2016 ist allerdings eine Verdopplung der Leistung von Neuanlagen zu beobachten. Großen Einfluss auf die Zahlen hat die Inbetriebnahme von zwei großen GuD-Anlagen in Düsseldorf und Köln mit einer elektrischen Leistung von in Summe über 1.000 MW und Vorzieheffekte durch die Übergangsregelungen im KWKG 2016.

Abbildung 9: Neubau, Modernisierung und Nachrüstung von nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen in den jeweiligen Jahren in MW_{el}

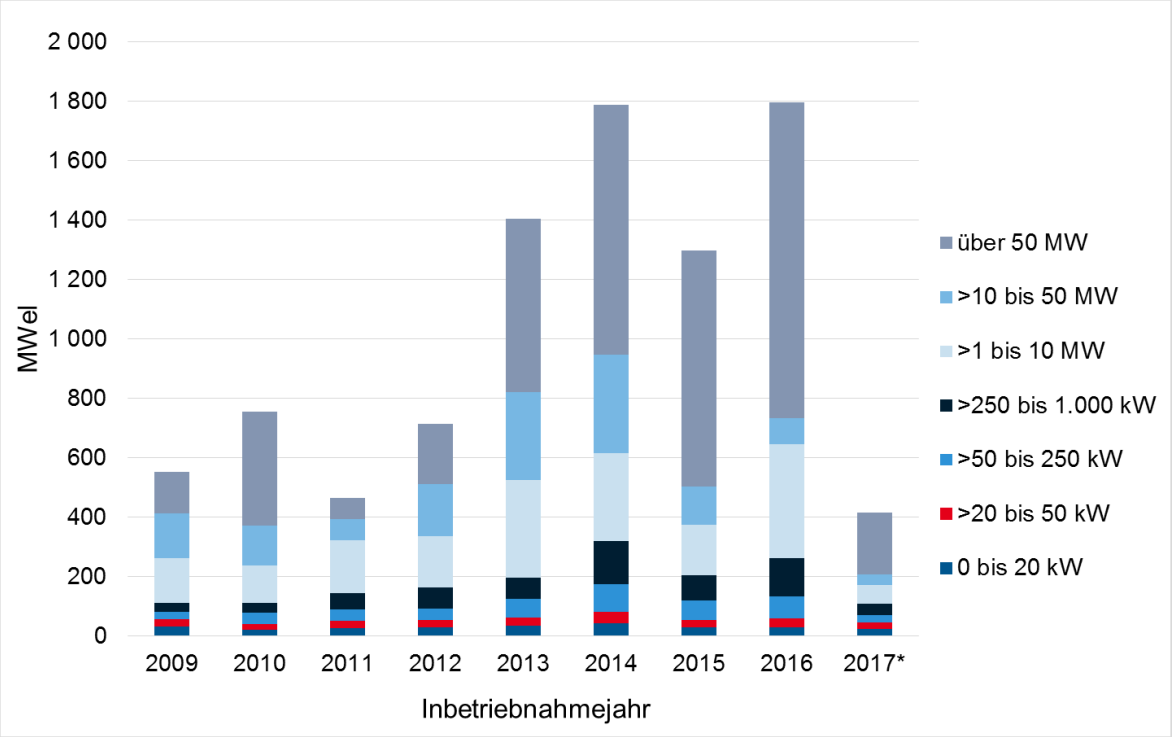


Notiz: Die Daten enthalten neben aktuell geförderten Anlagen auch jene, die zugelassen wurden, jedoch keinen Förderanspruch mehr aufweisen (z.B. durch Erreichen der maximalen Vollbenutzungsstunden). In Fällen, in denen das BAFA aktuell eine Förderung für Modernisierung oder Nachrüstung für Anlagen erteilt, die schon in früheren Jahren eine Förderzulassung z.B. für Neubau erhalten hatten, taucht diese frühere Förderzulassung nicht mehr in der BAFA-Statistik auf, um Doppelzählungen zu vermeiden.
**) die ausgewiesenen Zulassungszahlen sind nur eingeschränkt aussagekräftig, da Zulassungsanträge noch bis zum 31.12.2018 eingereicht werden konnten. Datenstand 13.2.2019*

Quelle: eigene Darstellung nach BAFA.

Die Verteilung der KWKG-Zulassungen auf Größenklassen elektrischer Leistung wird in Abbildung 10 gezeigt. Es wird deutlich, dass der überwiegende Anteil der Steigerung der seit 2012 durch das BAFA zugelassenen Kapazität auf große Anlagen über 50 MWel entfällt.

Abbildung 10: Neubau, Modernisierung und Nachrüstung von nach dem KWKG geförderten KWK-Anlagen nach Größenklassen in den jeweiligen Jahren in MW_{el}



Notiz: Die Daten enthalten neben aktuell geförderten Anlagen auch jene, die zugelassen wurden, jedoch keinen Förderanspruch mehr aufweisen (z.B. durch Erreichen der maximalen Vollbenutzungsstunden). Förderzahlen in früheren Jahren sind etwas niedriger als in früheren Publikationen, da bei Modernisierungen alte Fördermeldungen durch die neuen ersetzt werden, um Doppelzählungen zu vermeiden.
**) die ausgewiesenen Zulassungszahlen sind nur eingeschränkt aussagekräftig, da Zulassungsanträge noch bis zum 31.12.2018 eingereicht werden können. Datenstand 13.2.2019*

Quelle: eigene Darstellung nach BAFA

Die Leistungen sowie die Anzahl der aktuell in der Förderung befindlichen KWK-Anlagen aus Zulassung 2013 bis 2016 sind in Tabelle 28 detailliert nach Größenklassen aufgeführt.

Tabelle 28 Anzahl der beim BAFA zugelassenen KWK-Anlagen nach Größenklassen und Inbetriebnahmejahr (Stand: 09.01.2019)

	2013		2014		2015		2016	
	Anzahl	Leistung in MWel	Anzahl	Leistung in MWel	Anzahl	Leistung in MWel	Anzahl	Leistung in MWel
≤ 2 kW	2.041	2,1	1.480	1,6	1.096	1,0	1.135	1,0
> 2 ≤ 10 kW	2.529	13	2.665	15	2.125	12	1.925	11
> 10 ≤ 20 kW	1.057	19	1.467	26	957	17	907	16
> 20 ≤ 50 kW	688	29	896	38	572	25	749	32
> 50 ≤ 250 kW	395	60	602	94	419	64	465	72
> 250 ≤ 500 kW	96	36	169	63	103	39	145	54
> 500 kW ≤ 1 MW	46	33	111	78	63	46	101	75
> 1 ≤ 2 MW	83	137	87	143	61	100	133	215
> 2 ≤ 10 MW	44	189	36	145	17	70	34	161
> 10 ≤ 50 MW	14	295	14	296	7	129	4	88
> 50 ≤ 100 MW	6	391	1	62	0	0	2	128
> 100 MW	1	191	5	779	3	793	3	934
Summe	**7.010**	**1.396**	**7.553**	**1.787**	**5.360**	**1.296**	**5.603**	**1.785**

Quelle: BAFA 2019

Im kleinen Leistungssegment bis 20 kW elektrischer Modulleistung liegt die im Jahre 2016 beim BAFA nach dem KWK-Gesetz zugelassene KWK-Anlagenanzahl um rund ein Viertel unter dem Durchschnittswert der Jahre 2012 bis 2015. Im Gegensatz zu diesem Einbruch offenbart sich im Leistungssegment von 20 kW bis 50 kW gegenüber dem Vergleichswert aus den Jahren 2012-2015 ein Zuwachs von nahezu 10%. Im Leistungssegment oberhalb 50 kW bis 2 MW fällt der Zuwachs mit nahezu 20% noch deutlicher aus. Mit mehr als 120 Anlagen und einer Leistung von knapp 200 MW wurde der Wert aus dem Jahre 2015 mehr als verdoppelt. Ursächlich hierfür dürfte auch das temporäre Vorziehen von KWK-Projekten sein, um die ab 2017 geltenden Pflicht zur Beteiligung an einer Ausschreibung zu vermeiden.

Oberhalb der 2 MW Modulleistung ergibt sich für 2016 ein gemischtes Bild. Gegenüber dem Durchschnittswert aus den Jahren 2012 bis 2015 offenbart sich im Jahre 2016 hinsichtlich der Anlagenanzahl ein deutlicher Einbruch in Höhe von 28%. Betrachtet man die installierte Leistung in diesem Anlagensegment, liegt der 2016er Wert mehr als 40% über dem Vergleichswert (2012-2015).

2016 lag die Anzahl der neu installierten und modernisierten KWK-Anlagen leicht über dem Wert aus dem Jahre 2015. Die im Jahr

2016 installierte KWK-Leistung von 1.785 MW übertrifft die Werte aus dem Jahr 2015 (1.280 MW) um fast 40 %.

Das KWK-Gesetz sieht negative Auswirkungen hinsichtlich der Höhe der ausbezahlten Förderung in den Fällen vor, in denen die Anmeldung nicht bis zum 31. Dezember des auf die Inbetriebnahme folgenden Kalenderjahres erfolgt. Für KWK-Anlagen mit einer Inbetriebnahme im Jahre 2016 wäre dies der 31.12.2017. Aber auch nach diesem Datum kommt es noch zu Veränderungen der Statistik. Die Relevanz der Veränderungen nach dem 31.12. des Folgejahres ist aber erfahrungsgemäß marginal und liegt in der Größenordnung von rund 2% der Anlagenanzahl und Leistung.

Kohleersatz-Bonus

Seit dem Jahr 2016 werden Gas-KWK-Anlagen mit einem zusätzlichen Bonus gefördert, wenn sie bestehende KWK-Anlagenleistung ersetzen, die Strom auf Basis von Stein- oder Braunkohle produzieren. Damit soll der Umstieg auf eine CO_2-ärmere, gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung beschleunigt werden.

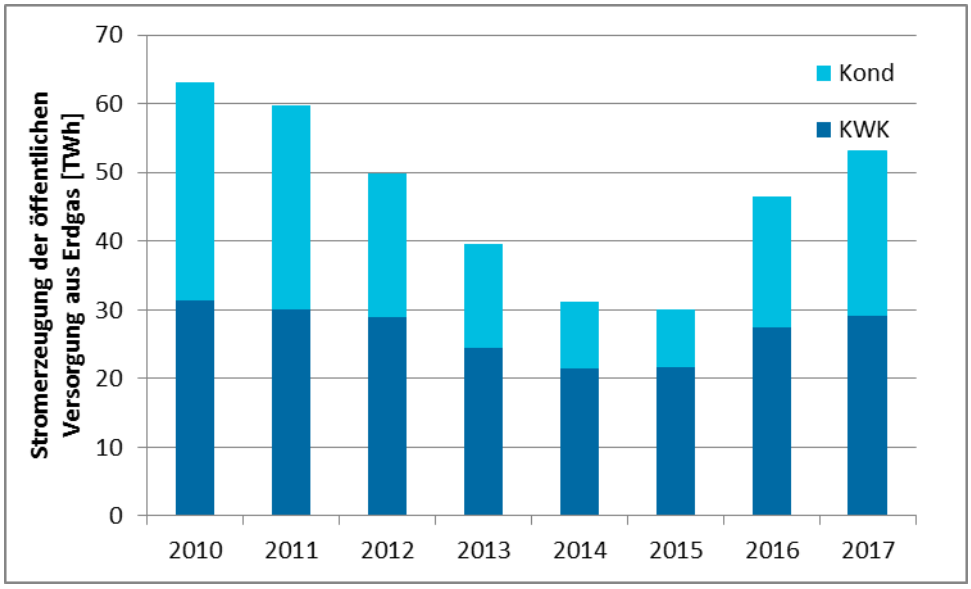
Im Jahr 2016 wurde dieser Bonus drei Anlagen gewährt, die zusammen eine Anlagenleistung von 173 MW_{el} und 206 MW_{th} aufweisen. Es handelt sich dabei um zwei Neuanlagen und eine modernisierte Anlage, die Steinkohle und Braunkohle-KWK-Anlagen mit gut 130 MW_{el} ersetzen, die im Jahr 2016 und 2017 stillgelegt worden sind. Der Zuschlag für den Kohle-Ersatz bezieht sich dabei immer nur auf den KWK-Leistungsanteil, der die elektrische KWK-Leistung einer bestehenden KWK-Anlage ersetzt (§7 (2) KWKG 2017). Mit Stand Dezember 2018 haben keine weiteren Anlagen einen Kohleersatz-Bonus bewilligt bekommen.

Bestandsanlagenförderung

Mit dem KWKG 2016 trat die vorübergehende Förderung von Bestandsanlagen in Kraft. Förderberechtigt sind hocheffiziente Gas-KWK-Anlagen über 2 MW_{el}, die zur Lieferung von Strom und Wärme an Dritte dienen. Die Förderung dient dazu, die Stilllegung von Anlagen der öffentlichen Versorgung zu verhindern und diesen höhere Vollbenutzungsstunden zu ermöglichen. Sie läuft Ende 2019 aus.

In den Jahren 2010-2015 konnte eine stetige Abnahme der Stromerzeugung aus Erdgas der Anlagen der Öffentlichen Versorgung beobachtet werden. Die Abnahme betraf die KWK-Stromerzeugung, aber in noch stärkerem Maße die ungekoppelte (Kond-) Stromerzeugung. Im Jahr 2016 ist eine erhebliche Zunahme der Stromerzeugung aus Erdgas zu beobachten, die sich auch im Jahr 2017 fortsetzte. Dabei nahm die KWK-Stromerzeugung um 36 % von 2015 auf 2017 zu, während sich die ungekoppelte Stromerzeugung fast verdreifachte.

Abbildung 11: Entwicklung der Nettostromerzeugung aus Erdgas in der öffentlichen Versorgung



Quellen: Statistisches Bundesamt, [Öko-Institut 2018], Berechnung Öko-Institut

Gründe für diesen Anstieg sind einerseits niedrigere Gas-Preise, sowie die Inbetriebnahme von neuen KWK-Anlagen, insbesondere zwei größeren Gas-Heizkraftwerken in Düsseldorf (Lausward) und Köln (Niehl). Auch die Bestandsanlagenförderung dürfte eine Zunahme der KWK-Stromerzeugung befördert haben.

Bis zum Dezember 2018 wurde die Förderung für 88 Bestandsanlagen bewilligt. Nach den KWKG-Jahresabrechnungen wurde von diesen eine KWK-Stromerzeugung von 10,7 TWh im Jahr 2016 und 11,9 TWh im Jahr 2017 gefördert. Das sind weniger als die Hälfte der 187 Gas-KWK-Anlagen, die in der Kraftwerksliste der BNetzA (Stand November 2018) geführt werden. In dieser werden aber Anlagen unter 10 MW_{el} nicht einzeln aufgeführt.

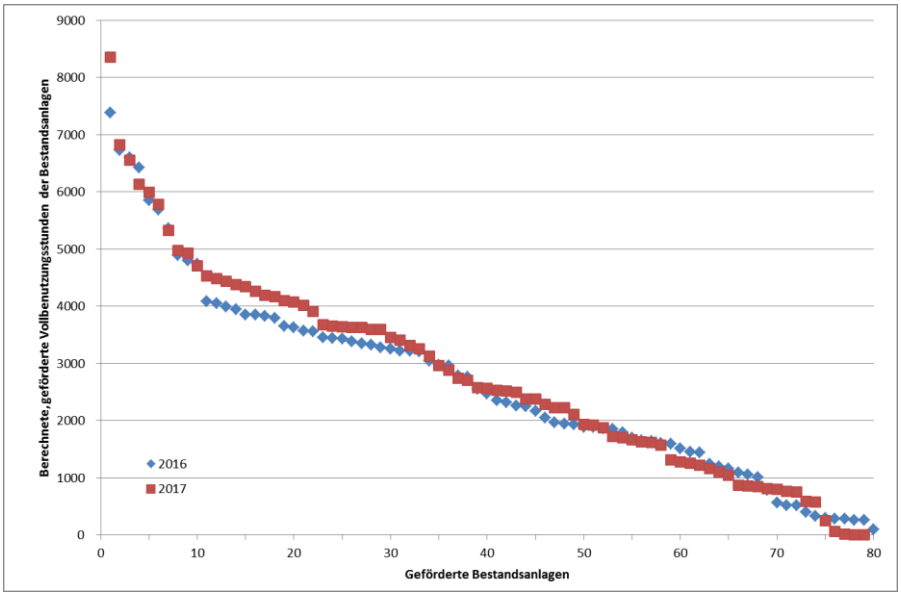
Über 100 Anlagen fallen somit derzeit nicht unter die Bestandsanlagenförderung, weil sie entweder nicht der Lieferung von Strom und Wärme an Dritte dienen, nicht hocheffizient sind oder noch eine Neuanlagen- oder Modernisierungsförderung durch das KWKG erhalten.

Mit dem Stand Dezember 2018 beträgt die Gesamtleistung der geförderten Anlagen 4,1 GW_{el}, was einem guten Drittel der Leistung der Gas-KWK-Anlagen aus der Kraftwerksliste (13,7 GW) entspricht.

Die Bestandsanlagenförderung erstreckt sich über vier Jahre und gilt für insgesamt 16.000 Vollbenutzungsstunden. Pro Jahr verfallen jeweils 4.000 Stunden, unabhängig von der tatsächlich erreichten Zahl der Förderstunden. Sie können nicht in kommenden

Jahren zur Förderung herangezogen werden. Die errechneten jährlichen Vollbenutzungsstunden sind in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 12: Ermittelte Vollbenutzungsstunden der geförderten Bestandsanlagen in den Jahren 2016 und 2017



Quellen: BAFA, Dezember 2018, Berechnungen Öko-Institut.

Basierend auf der an das BAFA gemeldeten Stromerzeugung und den KWK-Leistungen der einzelnen Anlagen zeigt sich, dass nur etwa ein Viertel der Anlagen länger als 4.000 Stunden gelaufen sind. Die meisten KWK-Anlagen nutzen die maximale jährliche Förderung nicht aus. Die durchschnittliche Vollbenutzungsstundenzahl liegt bei unter 3.000 Stunden.

Während die Bestandsanlagenförderung einen Anreiz zum vermehrten Betrieb der Anlagen bietet, reduziert sie dadurch auf der anderen Seite den Investitionsanreiz für neue Anlagen oder Modernisierungen. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Förderung für diese Bestands-Anlagen bis einschließlich 2019 vielfach dazu führt, dass Modernisierungen verzögert und nach Auslaufen der Förderung Modernisierungen und Neubauten von Gas-KWK-Anlagen nachgeholt werden. Dennoch wurden mit Stand Januar 2019 vier der förderfähigen Anlagen stillgelegt, zum Teil wegen einer geplanten Modernisierung.

KWK-Ausschreibungen

Segmentausschreibung 1-50 MW

Nach dem KWKG 2017 und der KWK-Ausschreibungsverordnung wird für KWK-Anlagen im Segment von 1 bis 50 MW die Förderhöhe über eine Ausschreibung ermittelt. Die erste Ausschreibungsrunde über ein Volumen von 100 MW wurde am 1.

Dezember 2017 durchgeführt, gefolgt von zwei Ausschreibungsrunden am 1. Juni und 3. Dezember 2018.

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse der bereits durchgeführten Ausschreibungsrunden dar. Der durchschnittliche, mengengewichtete Zuschlagswert hat sich kontinuierlich leicht erhöht, von 4,1 ct/kWh im Dezember 2017 auf 4,8 ct/kWh im Dezember 2018, ist aber weiterhin deutlich vom zulässigen Höchstwert in Höhe von 7 ct/kWh entfernt.

Der niedrigste Gebotswert schwankte über die drei bereits durchgeführten Ausschreibungsrunden zwischen 3,0 und 3,5 ct/kWh, der höchste Gebotswert mit Zuschlag lag bei 5,0 bis 5,2 ct/kWh. Die Anzahl der eingereichten Angebote lag bei 15 bis 20, wobei in der ersten Runde alle Angebote die formalen Anforderungen erfüllten. Im Juni 2018 wurde ein Angebot und im Dezember 2018 drei Angebote aus formalen Gründen ausgeschlossen.

In der ersten Ausschreibungsrunde 2017 betrug die ausgeschriebene Menge 100 MW, da das nächste zu bezuschlagende Gebot das Ausschreibungsvolumen deutlich überschritten hätte, wurden aber nur 82 MW bezuschlagt. Die nicht bezuschlagten 18 MW wurden auf die Ausschreibungsmenge im Juni 2018 aufgeschlagen, die sich somit von 75 MW auf 93 MW erhöhte. Diese Menge wurde nahezu vollständig bezuschlagt, so dass im Dezember 2018 knapp 77 MW ausgeschrieben wurden. Die Zuschlagsmenge lag mit 100 MW deutlich darüber, daher reduziert sich das Ausschreibungsvolumen für Juni 2019 auf 51,5 MW.

Tabelle 29: Ergebnisse Segment-Ausschreibungen

		Dez 17	Jun 18	Dez 18
Ausgeschriebene Menge	MW	100	93	76,8
Eingereichte Angebote	Anzahl	20	15	17
Eingereichte Angebote	MW			
Zuschlagsmenge	MW	82	91	100,3
zulässiger Höchstwert	Cent/kWh	7	7	7
durchschnittlicher, mengengewichteter Zuschlagswert	Cent/kWh	4,1	4,3	4,8
niedrigster Gebotswert (mit Zuschlag)	Cent/kWh	3,2	3,0	3,5
höchster Gebotswert (mit Zuschlag)	Cent/kWh	5,0	5,2	5,2
Anzahl bezuschlagte Anlagen		7	14	12

Quelle: BNetzA 2018

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass Ausschreibungen von KWK-Anlagen in dem Segment prinzipiell funktionieren

und von den Marktteilnehmern angenommen werden. Die Ausschreibungsmenge scheint in Anbetracht der nur sehr geringen Überzeichnung in den letzten beiden Runden nicht zu niedrig gewählt zu sein.

Ausschreibung von innovativen KWK-Systemen

Am 1. Juni und am 3. Dezember 2018 wurden erstmal Ausschreibungen für die innovativen KWK-Systeme durchgeführt. Beide durchgeführten Runde waren unterzeichnet. In der ersten Runde mit fünf bezuschlagten und sieben eingereichten Geboten nur sehr leicht. Im Dezember 2018 wurden dagegen nur drei Gebote eingereicht, die alle bezuschlagt wurden. Die Zuschlagsmenge lag damit bei 13 MW, im nächsten Juni wird sich die ausgeschriebene Menge damit auf 41 MW erhöhen. Der mengengewichtete, durchschnittliche Zuschlagswert stieg von 10,3 auf 11,3 ct/kWh und nähert sich dem Höchstpreis von12 ct/kWh an. Die höchsten bezuschlagten Gebotswerte lagen mit 10,9 und 12 ct/kWh ebenfalls nahe bzw. knapp unter dem Höchstpreis, der niedrigste Gebotswert lag bei 8,5 bzw. 8 ct/kWh.

Die Beteiligung an den Ausschreibungen innovativer KWK-Systeme war in den ersten beiden Runden relativ niedrig, trotz der potenziell hohen Förderung der Projekte. Eine Ausweitung der Ausschreibungsmengen ist daher kurzfristig nicht zu empfehlen. Eine grundlegende Änderung der Ausschreibungsbedingungen ist aus heutiger Sicht nicht notwendig. Die aktuellen Projekte und Gespräche mit den teilnehmenden Akteuren und Herstellern zeigen, dass eine Planung und Beteiligung an den Ausschreibungen prinzipiell gut möglich sind. Eine kurzfristige Überprüfung und Anpassungen von Detailregelungen z.B. zu zulässigen erneuerbaren Wärmequellen und die Verwendung von bestehenden Komponenten scheint sinnvoll. So könnte z.B. eine Nutzung von Abwärme aus der Kanalisation oder dem Auslauf von Kläranlagen als Wärmequelle für Großwärmepumpen eine Grundlage für zusätzliche Projekte schaffen.

Tabelle 30: Ergebnisse Auschreibungen innovative KWK

		Dez 17	Jun 18	Dez 18
Ausgeschriebene Menge	MW	-	25,0	29,1
Eingereichte Angebote	Anzahl	-	7	3
Eingereichte Angebote	MW	-	27	13
Zuschlagsmenge	MW	-	20,9	13,0
zulässiger Höchstwert	Cent/kWh	-	12,0	12,0
durchschnittlicher, mengengewichteter Zuschlagswert	Cent/kWh	-	10,3	11,3
niedrigster Gebotswert (mit Zuschlag)	Cent/kWh	-	8,5	8,0
höchster Gebotswert (mit Zuschlag)	Cent/kWh	-	10,9	12,0
Anzahl bezuschlagte Anlagen		-	5	3

Quelle: BNetzA 2018

Wärme- und Kältenetze

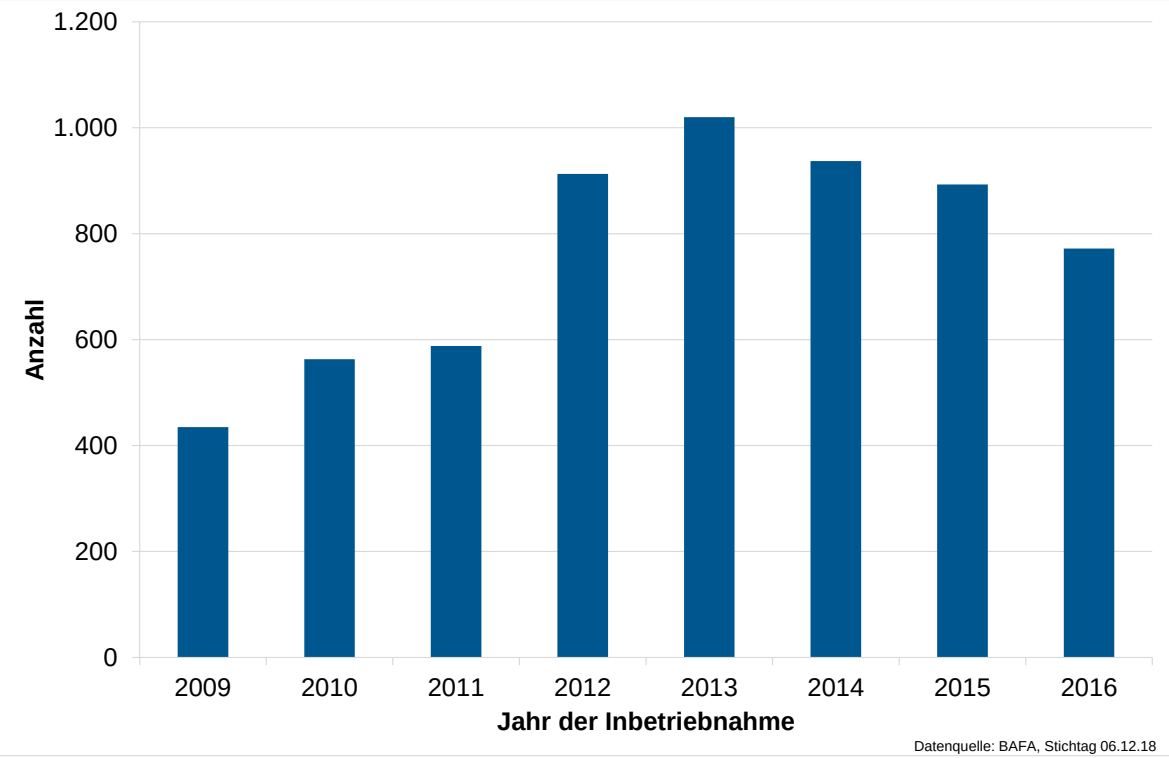
Wärme- und Kältenetze sind eine wichtige Option für eine CO_2-arme bzw. auf hohen Anteilen erneuerbarer Energien basierende Wärmeversorgung. Sie können insbesondere in hoch verdichteten Siedlungsbereichen, in denen aufgrund unterschiedlicher Restriktionen das Technologiespektrum bzw. der Beitrag kleiner, dezentraler Lösungen begrenzt ist, die Verbraucher mit effizienter emissionsarmer Wärme und Kälte versorgen.

In diesem Abschnitt werden die über das KWKG geförderten Wärmenetzentwicklungen dargestellt und eingeordnet[9]. Als Datenbasis dienten die BAFA-Daten für 2009 - 2018 mit dem Stand 06.12.2018 [BAFA, 2018]. Diese wurden zur Gesamteinordnung durch Angaben des aktuellen AGFW-Hauptberichtes ergänzt [AGFW, 2018]. In den nachfolgenden Abbildungen zum KWKG-gestützten Wärmenetzausbau werden die BAFA-Daten aus dem Jahr 2017 allerdings nicht verwendet, da diese Zahlen noch kein vollständiges Jahr abdecken und es somit leicht zu einer Fehlinterpretation der Entwicklungen kommen könnte.

Zunächst ist anhand der Abbildung 13 erkennbar, dass die Anzahl der Förderfälle zwischen 2009 und 2013 (die Jahreszahlen beziehen sich auf die Inbetriebnahme) von etwa 400 auf ein Niveau von rund 900 jährlichen Förderfällen angestiegen ist, mit dem Höchstwert von 1.020 Förderfällen in 2013. Seitdem ist ein stetiges Absinken der absoluten Fallzahlen zu verzeichnen; 2016 liegt der Wert bei 772.

[9] Darüber hinaus gibt es eine Förderung von Wärmenetzen über das Marktanreizprogramm.

Abbildung 13: Anzahl Förderfälle Wärmenetze nach dem Jahr der Inbetriebnahme



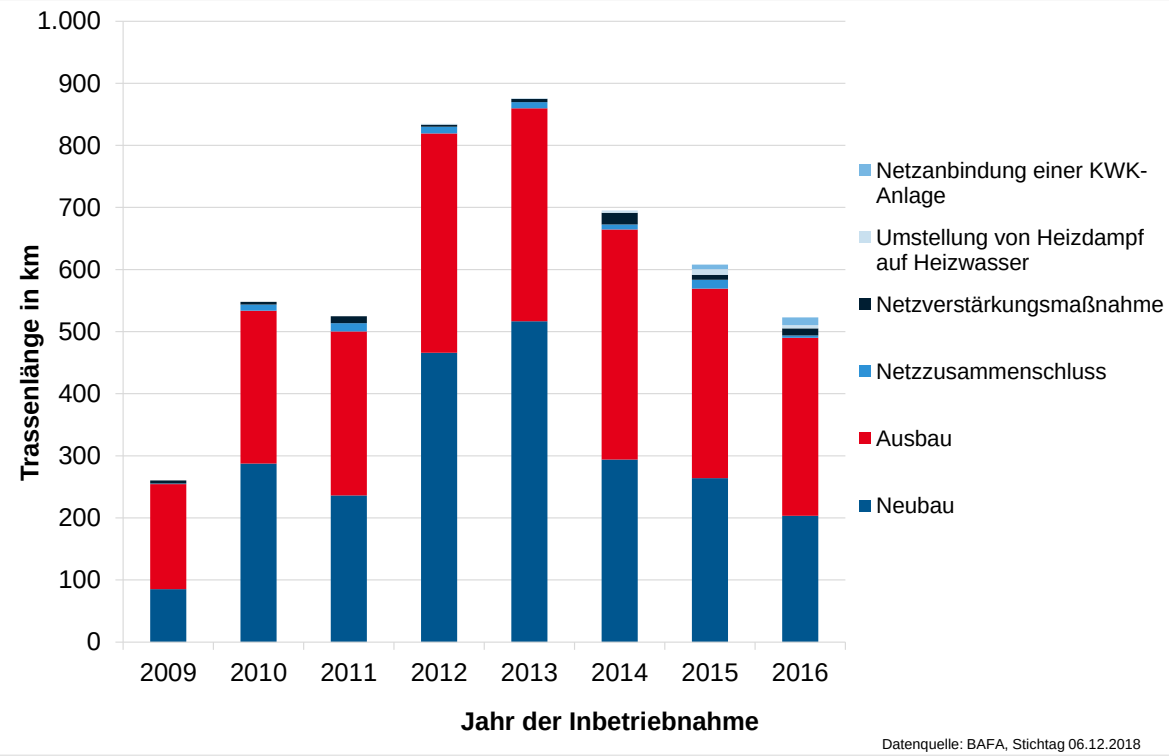
Quelle: IFAM, 2019

Abbildung 14 stellt die geförderte Trassenlänge der Baumaßnahmen nach Jahren dar. Sie zeigt einen weitgehend identischen Verlauf wie die Zahl der Förderfälle. Die mittlere Netzlänge je Förderfall ist über die Jahre weitgehend gleichgeblieben; sie liegt zwischen rund 600 m und 970 m; in den beiden letzten dargestellten Jahren bei rund 700 m. In den Jahren 2012 und 2013 nahm die Trassenlänge mit jeweils rund 850 km/a am stärksten zu. Danach sank der Zuwachs auf rund 520 km in 2016 ab. Damit sind allerdings immer noch mehr Netzkilometer gefördert worden als in den Jahren 2009 bis 2011.

Der Anstieg der insgesamt geförderten Trassenlänge in den Jahren 2012 und 2013 lässt sich vor allem durch den Anstieg von neu gebauten Netzen erklären. Im Vergleich zu den Vorjahren hat sich die Zahl der neu gebauten Kilometer etwa verdoppelt. Außerdem sind etwa ein Drittel mehr Netze ausgebaut worden. Der wesentliche Grund für den Sprung im Jahr 2012 dürfte die verbesserte Förderung des KWKG 2012 gewesen sein, die offensichtlich zu einer höheren Investitionsbereitschaft geführt hat.

Der Rückgang in den Jahren 2014 bis 2016 ergibt sich insbesondere durch den sich verringernden Netzneubau; beim Ausbau zeigen sich nur geringe Schwankungen zwischen den Jahren.2012 bis 2016.

Abbildung 14: Wärmenetz-Trassenlängen nach Baumaßnahmen und Jahr der Inbetriebnahme



Quelle: IFAM, 2019

Die Zahl der geförderten Kilometer für weitere Maßnahmenarten wie die Netzanbindung von KWK-Anlagen, die Umstellung von Heizdampf auf Heizwasser, Netzverstärkungsmaßnahmen und Netzzusammenschlüsse ist vernachlässigbar. Erst im Jahr 2015 zeigen diese mit zusammen etwa 40 km einen gewissen Anstieg. Es ist allerdings zu erwarten, dass andere Baumaßnahmen, wie die Umstellung von Heizdampf auf Heizwasser, in Zukunft eine größere Bedeutung erlangen werden. Hintergrund ist das Bemühen, die Effizienz des Systems (auch der sonst bei höheren Temperaturen auskoppelnden KWK-Anlagen) zu verbessern und die Netztemperaturen abzusenken. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien, z.B. aus solarthermischen Anlagen.

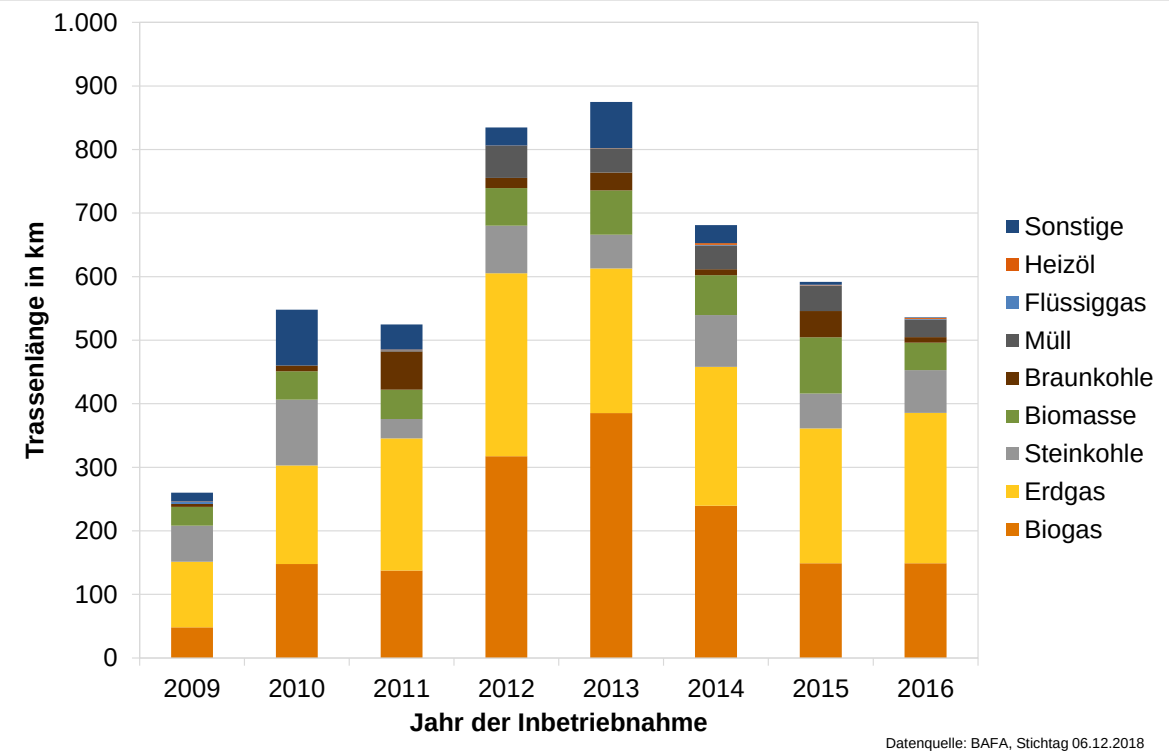
Abbildung 15 verdeutlicht, welche Anteile der geförderten Trassenkilometer auf die einzelnen Energieträger entfallen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den zugrundeliegenden Daten des BAFA in jedem Förderfall genau ein (also der dominierende) Energieträger der größten KWK-Anlage angeführt ist. Da die Erzeugung von KWK rund 90 % der Fernwärmerzeugung ausmacht (siehe Abbildung 3), handelt es sich in der Regel damit auch um den dominierenden Energieträger der gesamten Fernwärmeeinspeisung.

Generell stellen Erdgas und Biogas die Hauptbrennstoffarten der Wärmenetzeinspeisung dar. Über den gesamten Zeitraum von 2009 bis 2016 haben sie mit 36% bzw. 34% den größten Anteil an

der Trassenlänge, gefolgt von der Steinkohle mit 11% und Biomasse mit 10%. Müll als dominierender Brennstoff spielt erst seit 2012 eine Rolle.

Der wechselnde Anteil von Biogas in den über das KWKG geförderten Wärmenetzen ist der maßgebliche Grund für den Gesamtverlauf. Die hohen Zahlen in 2012 und 2013 prägen in hohem Maße die Gesamtentwicklung. In 2013 betrug der Zubau auf Basis von Biogas allein 385 km Trassenlänge. In 2015 und 2016 wurde mit jeweils rund 150 km Trassenlänge bei Biogas wieder das Niveau der Jahre 2010 und 2011, also vor dem deutlichen Anstieg erreicht.

Abbildung 15: Wärmenetz-Trassenlängen nach Brennstoffart und Jahr der Inbetriebnahme



Quelle: IFAM 2019

Bio- und Erdgas als wichtigste Brennstoffarten der Wärmenetze zeigen deutliche Unterschiede in Bezug auf die Anteile der angewendeten Maßnahmen (vgl. Abbildung 15). Bei den Förderfällen mit der Brennstoffart Erdgas handelt es sich vorrangig um einen Ausbau der Netze; beim Biogas lässt sich ein entgegengesetzter Maßnahmenschwerpunkt erkennen: hier handelt es sich überwiegend um Neubauvorhaben. Die genauen Anteile lassen sich Tabelle 31 entnehmen.

Tabelle 31: Maßnahmenschwerpunkte nach Brennstoffart KWK (Bezug: Trassen-km 2009 - 2016)

Brennstoffart	Neubau	Ausbau
Erdgas	37%	57%
Biogas	76%	23%

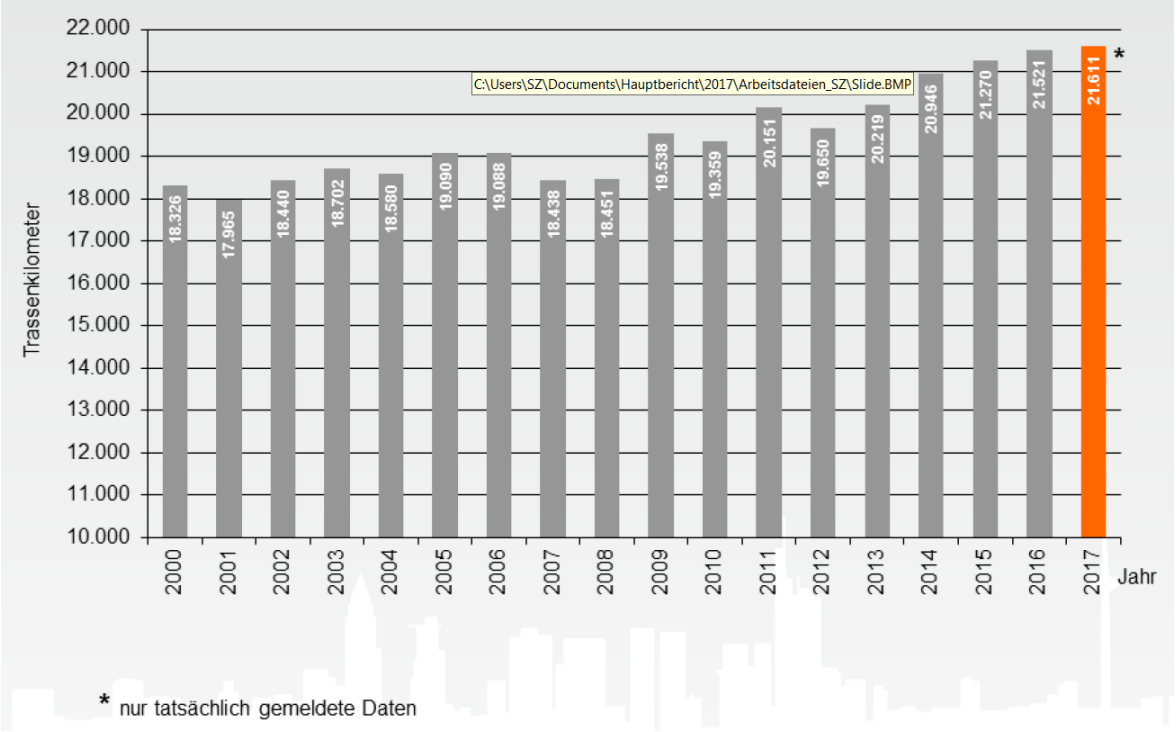
Quelle: IFAM, 2019

Die Unterschiede in den Maßnahmenschwerpunkten erklären sich dadurch, dass sich die Netze mit Biogas-KWK vorwiegend in kleineren Städten und Gemeinden finden (Stichwort „Bioenergiedorf“), während in den Großstädten bestehende Netze, die oft auf Erdgas basieren, ausgebaut werden.

Wird die Wärmenetzförderung aufgeschlüsselt auf die einzelnen Bundesländer (nach geförderten Trassen-km) belegt das eher ländlich geprägte Bayern den ersten Rang mit 20%, vor Baden-Württemberg mit 16%. Es folgen das viel städtischer geprägte Nordrhein-Westfalen mit 16% sowie Schleswig-Holstein und Niedersachsen mit je 10%. Es ist erkennbar, dass die Wärme- und Kältenetze nicht nur in Ballungsräumen ausgebaut werden, sondern auch in Flächenländern und eher ländlich geprägten Bundesländern.

Zur Einordnung der dargestellten, geförderten Trassenlängen zeigt Abbildung 16 die Entwicklung des Fernwärmenetzbestandes in Deutschland gemäß [AGFW, 2018]. Auch hier zeigt sich die Zunahme ab dem Jahr 2012. Zu beachten ist, dass sich der an der AGFW-Mitgliederbefragung tatsächlich teilnehmende Kreis jährlich geringfügig ändert (bezogen auf den Anschlusswert in MW z.B. 2015 zu 2014: - 0,6%, 2014 zu 2013: + 0,1%). Das daraus resultierende Delta der in die Auswertung einfließenden Meldungen ist also klein gegenüber der dargestellten Trassenzunahme.

Abbildung 16: Entwicklung des Fernwärmebestandes in Deutschland



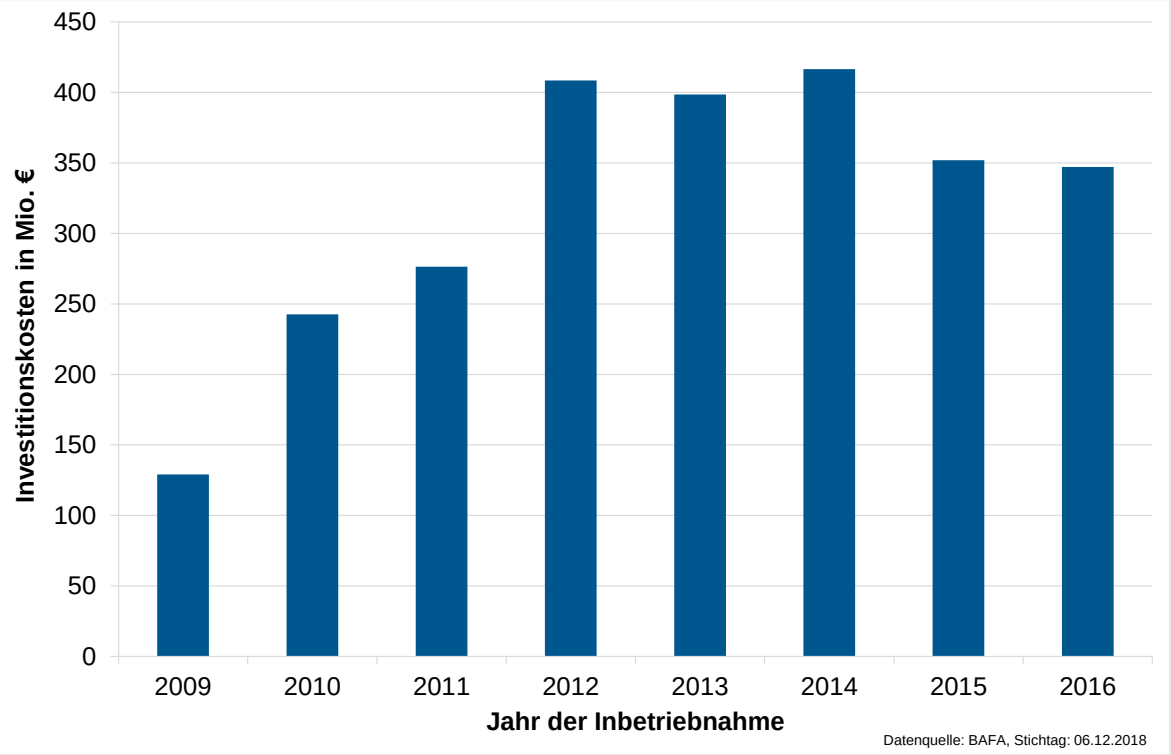
Quelle: AGFW-Hauptbericht, 2018 (Abbildung beschnitten von IFAM)

Der zunehmende Ausbau der Wärme- und Kältenetze verdeutlicht die Strategie vieler Energieversorger: Um ihren Wärmeabsatz zu stabilisieren, bauen sie bestehende Wärme- und Kältenetze aus. Sie erreichen dadurch zusätzliche Kunden, deren Verbrauch den kontinuierlichen, durch Gebäudesanierung bedingten Rückgang bei den Abnahmemengen der bisher an die Wärmenetze angeschlossenen Bestandsabnehmer kompensieren soll.

Abbildung 17 zeigt den Verlauf der Investitionskosten innerhalb der Baujahre 2009 bis 2015. Die jährlichen Investitionskosten sind von ca. 129 Mio. € im Jahr 2009 deutlich auf über 400 Mio. € im Jahr 2012 gestiegen. Das Maximum wurde 2014 mit einer Investitionskostenhöhe von über 415 Mio. € erreicht. In den beiden folgenden Jahren blieb das Investitionsniveau mit jeweils rund 350 Mio. € etwas hinter den Vorjahren zurück.

Der Verlauf über die Jahre weist erwartungsgemäß eine ähnliche Charakteristik auf wie der Verlauf der Trassenkilometer, d.h. der spezifische Wert der Investitionskosten je m Trassenlänge ist (mit leichten Schwankungen in den Einzeljahren) seit 2009 langfristig leicht gestiegen. Im Jahr 2016 lag er im Mittel mit rund 660 €/m allerdings um mehr als 10 Prozentpunkte höher als in den beiden Vorjahren.

Abbildung 17: Investitionskosten für Wärmenetze nach Jahr der Inbetriebnahme



Quelle: IFAM, 2019

Wärmespeicher

Neu errichtete Wärmespeicher werden durch über das KWKG gefördert, wenn sie bestimmten Kriterien genügen bzw. Mindestanforderungen erfüllen (Inbetriebnahme bis 31.12.2022, eingespeiste Wärme überwiegend aus KWK-Anlagen, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind und die in dieses Netz einspeisen können, Begrenzung der Wärmeverluste, Mindestgröße des Speichers).

Die Errichtung von Wärmespeichern hängt in Bezug auf Anzahl und Speichergröße nicht nur mit der Höhe von Fördergeldern zusammen, sondern orientiert sich primär an betrieblichen Notwendigkeiten bzw. Vorteilen. Sofern eine KWK-Anlage weitgehend wärmegeführt betrieben wird, ist der Bedarf zur zeitlichen Pufferung und damit zum benötigten bzw. wirtschaftlich sinnvollen Speichervolumen gering. Wird die Wärme hingegen unabhängig vom Bedarf produziert, beispielsweise durch strompreisgeführten Betrieb oder wenn die Wärme aus volatilen erneuerbaren Quellen wie Solarthermie gewonnen wird, wächst die Bedeutung von großvolumigen Wärmespeichern.

Als Datenbasis des folgenden Abschnitts über die Entwicklung der durch das KWKG geförderten Wärmespeicher dienen die BAFA-Daten für 2012 bis 2017 (Jahr der Inbetriebnahme) mit dem Stand 18.01.2019 [BAFA 2019]. Zwei sehr kleine Speicher wurden bei

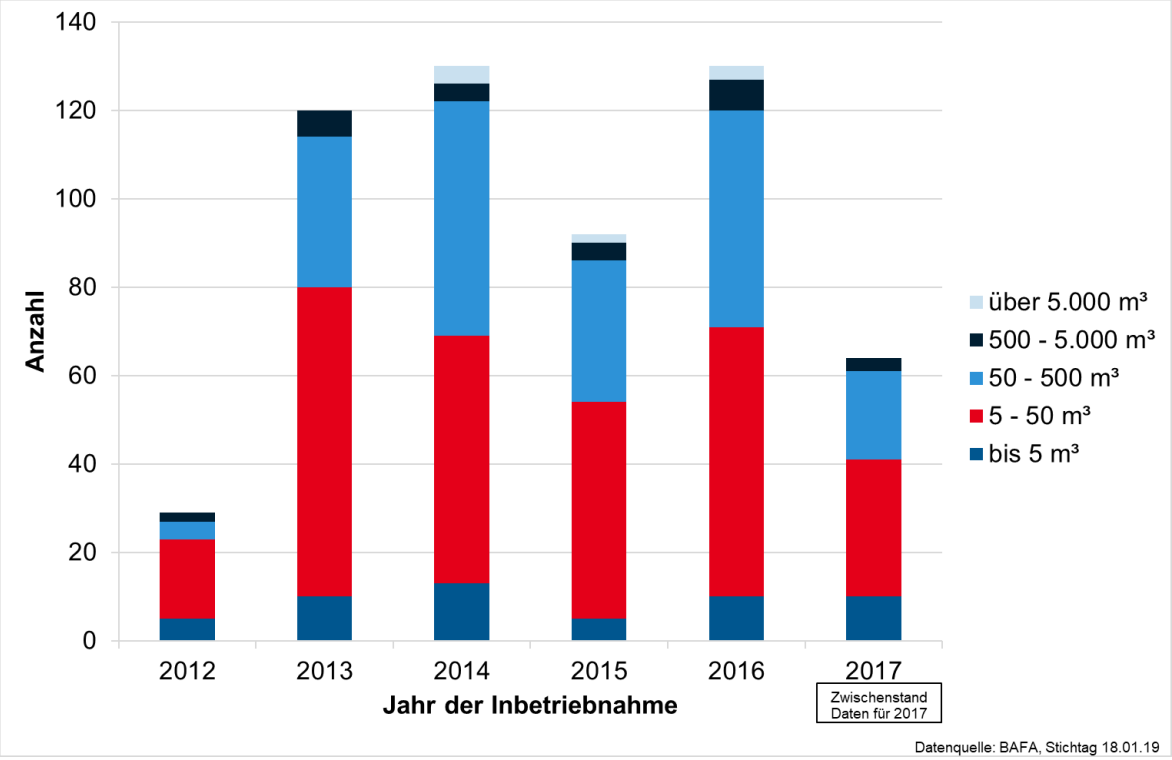
der Analyse ausgeschlossen, da für diese kein Datum der Inbetriebnahme angegeben wurde.

Die nachfolgenden Diagramme zu den geförderten Wärmespeichern beinhalten für das Jahr 2017 nur Zwischenergebnisse, da zum Zeitpunkt der Auswertung noch nicht alle Förderfälle im Datensatz des BAFA erfasst waren (Zulassungsanträge können bis zum 1. Juli des Folgejahres der Inbetriebnahme gestellt werden). Die Zahlen für 2017 werden jedoch dargestellt, da viele Fälle im Stand vom Januar 2019 enthalten sein sollten; somit bieten die Werte eine ausreichend gute Orientierung über das zu erwartende, finale Jahresergebnis.

In Abbildung 18 sind die Wärmespeicher in Größenklassen nach Anzahl und Jahr der Inbetriebnahme zwischen 2012 und 2017 dargestellt. Zunächst lässt sich ein deutlicher Sprung von 2012 auf 2013 feststellen: die Fallzahlen vervierfachen sich und auch die durchschnittliche Größe der Anlagen steigt. In 2015 ist die Anzahl zugebauter Speicher deutlich geringer als in den beiden Jahren davor und im Jahr danach. Die anteilige Verteilung der zugebauten Speichervolumina ist jedoch ähnlich. Für 2017 sind die Daten noch nicht final, so dass nicht abschließend bilanziert werden kann, ob der Zubau ähnlich gering wie 2015 ausfiel, oder wie in den recht ähnlichen Jahren 2013, 2014 und 2016.

Hinsichtlich der Anzahl dominieren die Größenklassen 5 - 50 m^3 und 50 - 500 m^3; 84% aller Fälle entfallen in diesen Bereich. Auffallend ist, dass die sehr großen Speicher mit einem Volumen über 5.000 m^3 erst ab 2014 errichtet werden. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass dem Thema erneuerbare Energien im Strom- und Wärmesektor eine in jüngster Zeit deutlich zunehmende Bedeutung zukommt.

Abbildung 18: Anzahl Wärmespeicher nach Größenklassen und Jahr der Inbetriebnahme



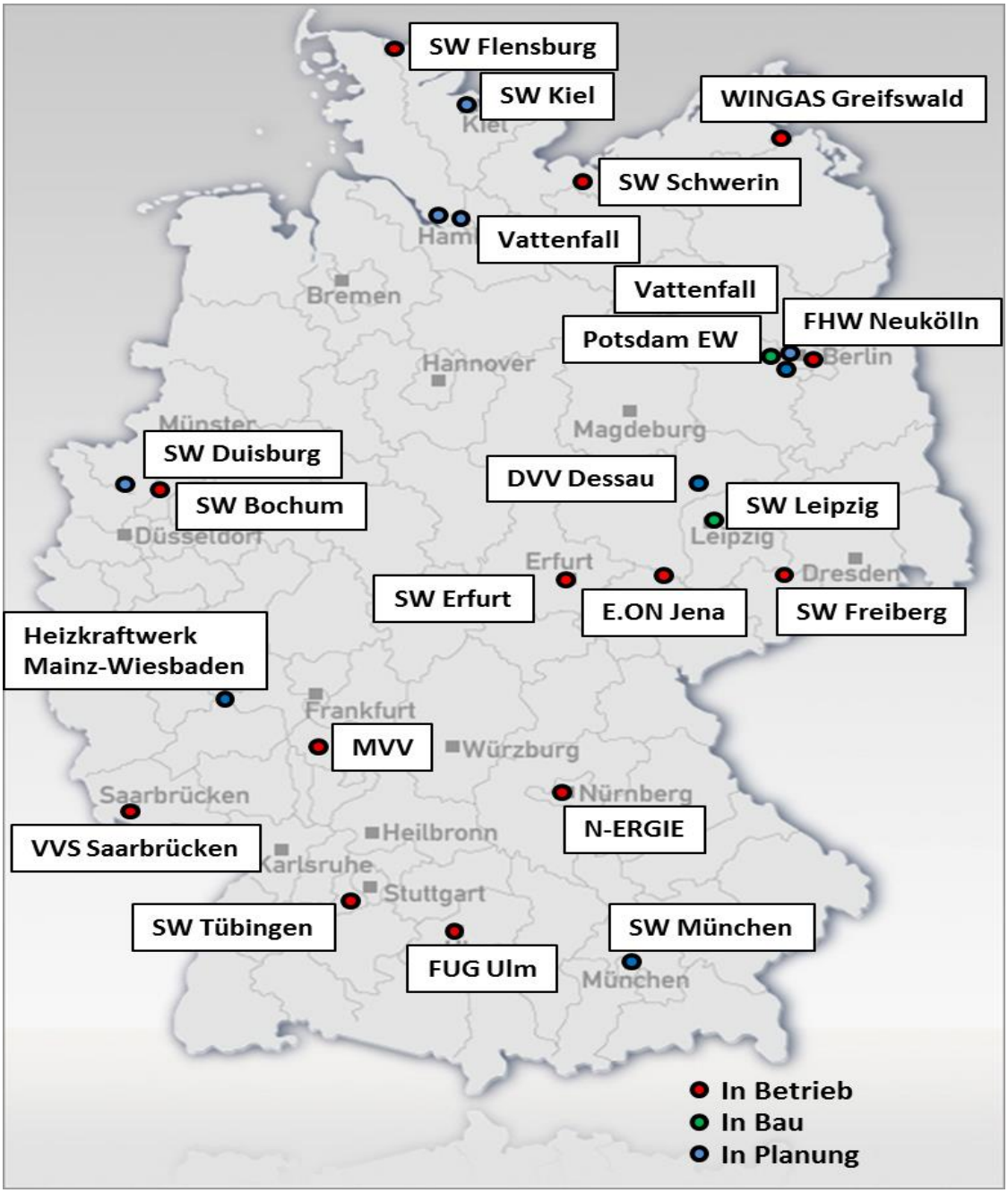
Quelle: IFAM, 2019

Die Förderung erfolgt als Investitionskostenzuschuss. Der Zuschlag beträgt 250 € je Kubikmeter Wasseräquivalent des Wärmespeichervolumens. Bei Speichern mit einem Volumen von mehr als 50 Kubikmetern Wasseräquivalent beträgt der Zuschlag jedoch höchstens 30% der ansatzfähigen Investitionskosten. Der Zuschlag darf insgesamt 10 Millionen Euro je Projekt nicht überschreiten.

Diese Regelung setzt einen gewissen Anreiz, eine Speichergröße von 50 Kubikmetern Wasseräquivalent nicht zu überschreiten. Bei denjenigen Speichern, die unterhalb dieses Schwellenwertes liegen und deren Daten eine Angabe zur Berechnung der Förderquote erlauben, ist bei 27% eine höhere Förderquote als 30% zu verzeichnen (im Mittel 51%). Somit führte diese Regelung in den betrachteten Jahren nicht dazu, dass Speicher systematisch kleiner gebaut werden, um eine Förderquote erzielen.

Eine Übersicht zu Wärmespeichern aus dem Vorhaben "Wärmenetze 4.0" des BMWi zeigt beispielhaft, dass die Wärmespeicher dabei geographisch sehr gleichmäßig über Deutschland verteilt sind.

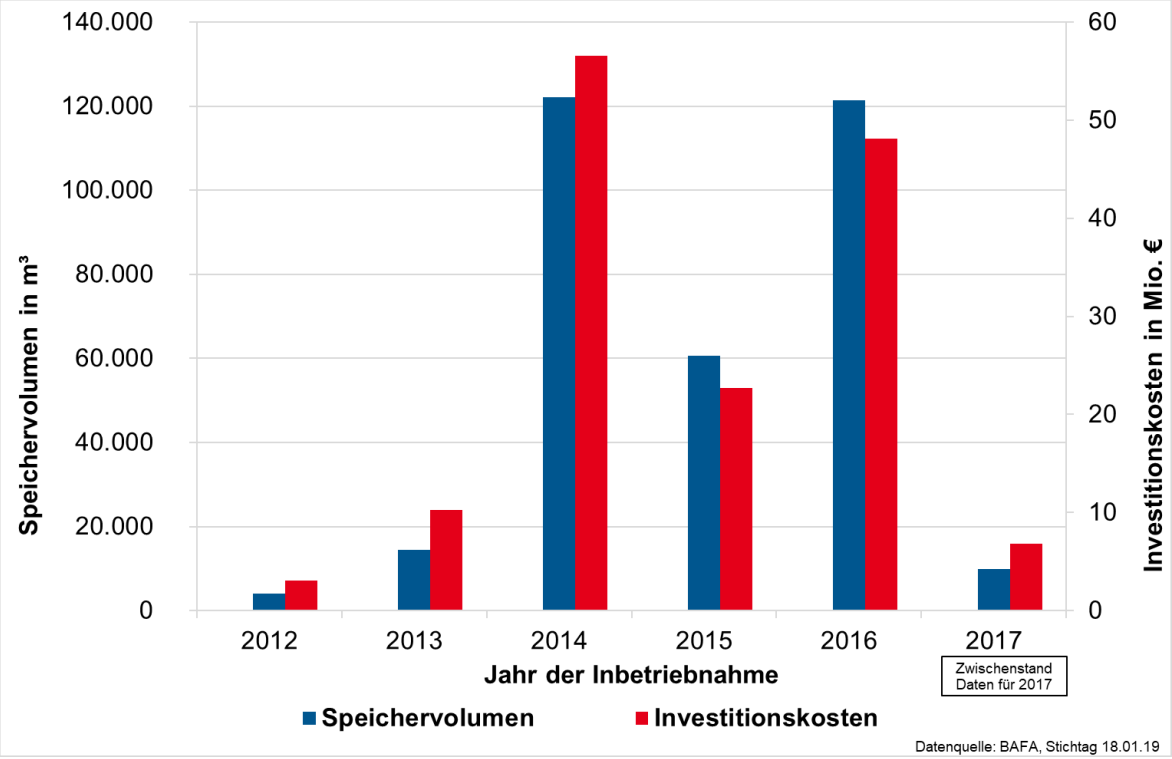
Abbildung 19: Räumliche Verteilung von größeren Wärmespeichern in Deutschland



Quelle: BMWi (Vorhaben „Wärmenetze 4.0)

Neben den Veränderungen der Fallzahlen gab es im Betrachtungszeitraum signifikante Entwicklungen bezüglich des geförderten Speichervolumens und der Investitionskosten (Abbildung 20).

Abbildung 20: Volumen und Investitionskosten von Wärmespeichern nach dem Jahr der Inbetriebnahme



Quelle: IFAM, 2019

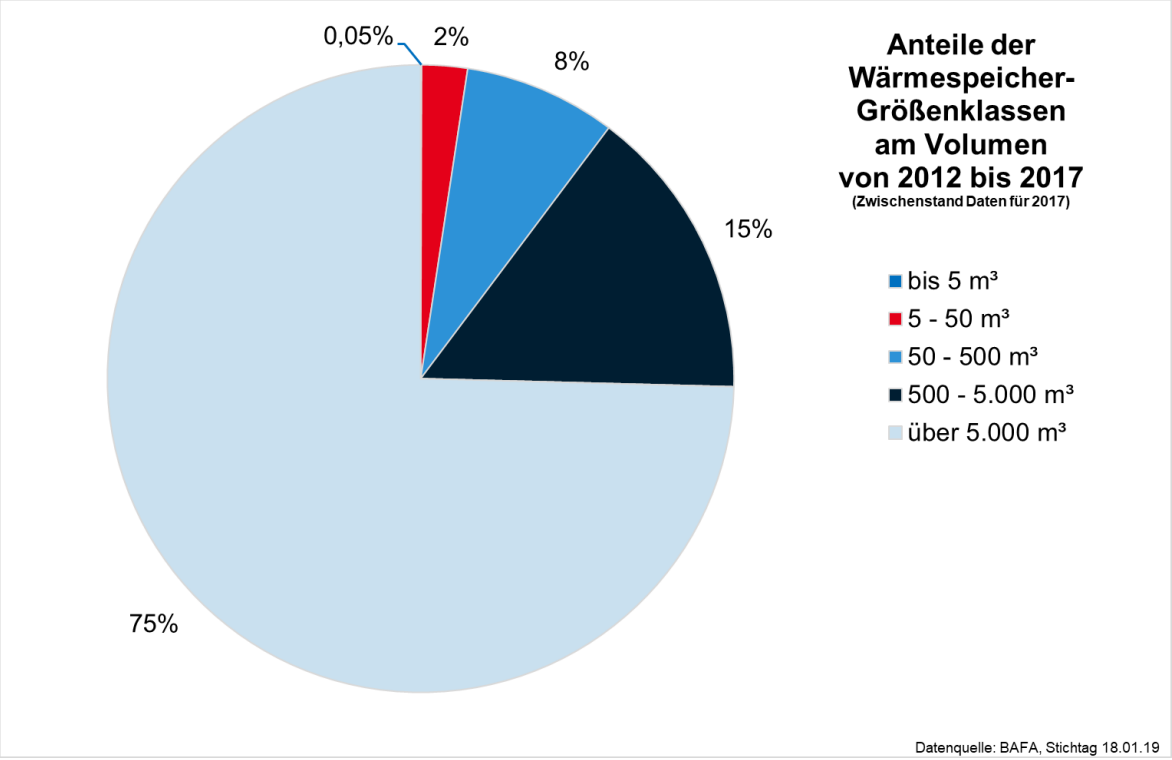
Da Wärmespeicher mit einem Volumen oberhalb von 5.000 m³ in Deutschland erst seit 2014 installiert wurden, nahm das insgesamt geförderte Speichervolumen in bzw. ab diesem Jahr gegenüber 2012 und 2013 stark zu, da wenige Fälle aufgrund ihrer Größe die Entwicklung prägten. So lag die Höhe des Gesamtvolumens für 2014 bei einem Spitzenwert von rund 122.000 m³, mehr als das Achtfache des Vorjahres. Nach einem Rückgang in 2015 konnte in 2016 dieses Niveau wieder erreicht werden. Für 2017 sind die Daten noch nicht ausreichend für eine abschließende Beurteilung.

Die mit dieser Entwicklung verbundenen jährlichen Investitionskosten zeigen eine vergleichbare Entwicklung. Während sie 2013 bei 10 Mio. € lagen, sind sie im Vergleich dazu im Jahr 2014 auf über 55 Mio. € angestiegen. Die mittleren spezifischen Investitionskosten sanken aufgrund der Großspeicher ab 2014 deutlich und lagen 2016 bei rund 400 €/m³ im Vergleich zu einem Wert von 760 €/m³ in 2013.

Abbildung 21 veranschaulicht noch einmal die Anteile der Wärmespeicher-Größenklassen bezogen auf das Gesamtvolumen aller zwischen 2012 und 2017 gebauten Wärmespeicher. Es werden zwar viele kleine Speicher bis 50 m³ gebaut, aufgrund der großen Volumenunterschiede dominieren allerdings die großen Speicher klar. Es wird deutlich, dass drei Viertel des Gesamtspeichervolumens der größten Größenklassen angehört, obwohl es sich dabei nur um neun Förderfälle (2 %) handelt.

Kleinere Speicher mit Volumen bis zu 50 m³ tragen in Bezug auf das Speichervolumen trotz höherer Fallzahlen (338 Stück) nur zu gut 2% des Gesamtspeichervolumens bei.

Abbildung 21: Anteile der Wärmespeicher-Größenklassen am geförderten Gesamtvolumen für die Inbetriebnahmejahre 2012 bis 2017



Quelle: IFAM, 2019

4.4.2 Indirekte Förderung

Als indirekte Förderung der KWK wird die Kostenersparnis von in KWK erzeugtem Strom gegenüber aus dem Netz der öffentlichen Versorgung bezogenem Strom durch die Ausnahme von oder Begünstigung bei staatlich induzierten oder regulierten Strompreisbestandteilen wie Steuern und Umlagen definiert. Niedrigere Stromkosten durch z. B. wirtschaftlich günstige Anlagenkonzepte werden nicht als indirekte Förderung verstanden.

Der Großteil der indirekten Förderung kommt der KWK durch den Umstand zugute, dass der erzeugte Strom direkt von den Produzenten verbraucht werden kann und somit als Eigenversorgung von einigen staatlich induzierten oder regulierten Strompreisbestandteilen vollständig oder teilweise befreit ist. Beispiele hierfür sind die Ausnahmen für zur Eigenversorgung erzeugten Strom bei der EEG-Umlage, den Netzentgelten und der Stromsteuer. Zumindest bei den Netzentgelten hängt die Befreiung damit zusammen, dass die jeweiligen entgeltpflichtigen Leistungen (Netznutzung)

nicht in Anspruch genommen werden. Diese Aspekte werden im weiteren Verlauf detailliert betrachtet.

Als eine weitere indirekte Fördermaßnahme könnte die kostenlose Zuteilung von ETS-Zertifikaten verstanden werden. Die kostenlose Zuteilung erfolgt laut Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) unter anderem an Anlagen zur Stromerzeugung, die in der Industrie verwendet werden. Da es sich dabei oft um KWK-Anlagen handelt, könnte hier ein Tatbestand der indirekten Förderung vermutet werden. Allerdings befinden sich gerade die größeren KWK-Anlagen in der Industrie häufig in Unternehmen, bei denen der Strombezug aus dem Netz durch die Förderrichtlinie zur Strompreiskompensation von der Zahlung der CO_2-Kosten ausgenommen wird. Daher spielt dieser Tatbestand eine untergeordnete Rolle bei der indirekten Förderung und wird in der weiteren Analyse nicht betrachtet.

In allen Fällen ist die Ermittlung der Höhe der indirekten Förderung nur durch Schätzungen und Annahmesetzungen möglich, da keine Daten in der notwendigen Detailtiefe öffentlich zugänglich sind. Um die Höhe der indirekten Förderung zu ermitteln, wurde in einem ersten Schritt die Höhe der Strommenge ermittelt, die in KWK-Anlagen zur Eigenversorgung erzeugt wird. Diese Strommenge wurde in einem zweiten Schritt mit der Option des Netzbezugs verglichen, um so zu ermitteln, wie hoch die spezifischen vermiedenen Kosten der Stromerzeugung zur Eigenversorgung sind. Die absolute Höhe der Förderung ergibt sich aus dem Produkt der indirekt geförderten Strommenge und ihrer jeweilige Abgabenvermeidung.

Tabelle 32 fasst die Höhe der KWK-Eigenerzeugung von 2012 bis 2016 zusammen. Zur Abschätzung der KWK Eigenerzeugung wird aus Destatis (2017) sowie Öko-Institut (2015) die Höhe der in KWK erzeugten Strommenge übernommen. Diese wird mit Annahmen bestimmter Eigennutzungsquoten verrechnet, um somit die Summe der Eigenerzeugung in KWK zu ermitteln. Für 2016 wird die vorläufige Erzeugung in KWK zur Eigennutzung auf 36,5 TWh geschätzt. Der größte Anteil befindet sich in der industriellen Kraftwirtschaft (29,3 TWh), sowie in KWK-Anlagen unter 1 MW, die größtenteils in der Objektversorgung eingesetzt werden (4,9 TWh). Die Öffentliche Versorgung hat einen hohen Anteil Stromerzeugung in KWK, wovon allerdings nur ein geringer Anteil selbst verbraucht wird (1,5 TWh). Ein sehr geringer Anteil wird von nicht amtlich erfassten biogenen Anlagen erzeugt (0,9 TWh).

Tabelle 32: KWK-Stromerzeugung in Eigenerzeugung, in TWh, 2012 - 2016

	Stromerzeugung insgesamt				Davon Eigenversorgung			
	2012	2014	2015	2016*	2012	2014	2015	2016*
Erzeugung in KWK in TWh, davon	**95,1**	**97,9**	**102,2**	**111,5**	**28,6**	**31,0**	**34,3**	**36,5**
Amtlich erfasst in	79,4	74,8	78	86,1	25,3	26,3	29,1	30,8
Öffentliche Versorgung	*51,1*	*45,1*	*44,9*	*51,2*	*1,5*	*1,4*	*1,3*	*1,5*
Industrielle Kraftwirtschaft	*28,3*	*29,7*	*33,1*	*34,9*	*23,8*	*24,9*	*27,8*	*29,3*
Nicht amtlich erfasst, da	15,7	23,1	24,2	25,4	3,3	4,7	5,2	5,7
KWK unter 1 MW	*4,5*	*6,5*	*7,2*	*8,1*	*2,7*	*3,9*	*4,3*	*4,9*
Nicht erfasste biogene Anlagen	*11,2*	*16,6*	*17*	*17,3*	*0,6*	*0,8*	*0,9*	*0,9*

*Quelle: Öko-Institut, Destatis, eigene Berechnung Prognos; * vorläufig*

EEG-Umlage

Für 2016 wird angenommen, dass die gesamte Menge der KWK-Eigenerzeugung unter die Eigenversorgung nach § 61 EEG 2014 fiel und von der Zahlung der EEG-Umlage in voller Höhe befreit war. Die Anzahl der Neuanlagen, die laut EEG 2014 im Jahr 2016 eine EEG-Umlage von mindestens 30 % entrichten mussten, wird als gering angenommen und vernachlässigt. 2016 betrug die EEG-Umlage 6,4 Cent/kWh (Netztransparenz, 2017b). Betreiber von KWK-Anlagen konnten demnach Kosten von 6,4 Cent/kWh vermeiden, wenn sie keinen Strom aus dem Netz der öffentlichen Versorgung bezogen, sondern selbst erzeugten. Für die Berechnung der spezifischen indirekten Förderung muss jedoch beachtet werden, dass die EEG-Umlage niedriger wäre, wenn es diese Ausnahmeregelung nicht geben würde. Die spezifischen vermiedenen Kosten hätten 2016 also weniger als 6,4 Cent/kWh betragen, da die Finanzierung der EEG-Umlage auf weitere Strommengen verteilt worden wäre.

Ausgenommen von dem Regelfall der vollen EEG-Umlagenzahlung sind Unternehmen, die unter die Besondere Ausgleichsregelung (BesAR) für stromkostenintensive Unternehmen aus den §§ 63-69 EEG 2014 fallen. Sie zahlen auch eine reduzierte EEG-Umlage, wenn sie Strom aus dem Netz beziehen. Erzeugen diese Unternehmen ihren Strom selbst, werden die vermiedenen Kosten mit durchschnittlich 0,4 Cent/kWh abgeschätzt.

Es ist schwierig abzuschätzen, welche Anteile des KWK-Stroms von Unternehmen genutzt wird, die unter die BesAR fallen, da die öffentlich zugänglichen Daten nicht über die notwendige Auflösung verfügen. Mit Hilfe des Endenergieverbrauchs nach Branchen aus der Energiebilanz (AGEB, 2017), der Strommengen, welche 2016 von der BesAR profitierten (BMWi, 2017) sowie der Stromerzeugung in KWK nach Branchen (Destatis, 2017) lässt sich schätzen, dass etwa 37 Prozent des netzbezogenen Stroms von Industrieunternehmen verbraucht wird, die nicht unter die BesAR fallen. Wird dieser Faktor auf die Stromerzeugung für die Eigenversorgung in

der Industriellen Kraftwirtschaft angewendet, würden etwa 10,8 TWh Industriestromverbrauch bei einem Netzbezug nicht unter die BesAR fallen und die Unternehmen volle EEG-Umlage zahlen müssten, während für 18,6 TWh auch im Netzbezug nur eine verminderte Umlage von durchschnittlich 0,4 Cent/kWh gezahlt werden würde. Neben der Ausnahme der stromkostenintensiven Unternehmen gibt es keine weiteren Ausnahmeregelungen für netzbezogenen Strom im EEG 2014. Deshalb müsste für alle sonstigen Strommengen die volle EEG-Umlage gezahlt werden. Bei einer Einbeziehung der 10,8 TWh aus der industriellen Kraftwirtschaft, den 5,7 TWh aus nicht amtlich erfassten Anlagen sowie der 1,5 TWh aus dem Öffentlichen Versorgung beliefe sich die EEG-Umlage 2016 auf 6,05 Cent/kWh. Es ergibt sich also für das Jahr 2016 eine indirekte Förderung von 1.162 Mio. Euro durch den Tatbestand, dass KWK-Anlagen unter die Eigenversorgungsregelungen des EEG 2014 fallen.

Stromsteuer

Die Stromsteuer wird auf verbrauchten Strom gemäß § 3 Stromsteuergesetz (StromStG) mit einem Regelsatz von 20,50 Euro/MWh erhoben. In § 9 Abs. 1 StromStG sind jedoch für Eigenversorgungsarten verschiedene Befreiungsmöglichkeiten von der Stromsteuer geregelt. Für Eigenversorgung einschlägig ist demnach § 9 Abs. 1 Nr. 3a StromStG, wonach Strom von der Steuer befreit ist, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu zwei Megawatt erzeugt wird und vom Betreiber der Anlage als Eigenerzeuger im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage zum Selbstverbrauch entnommen wird. Für den Strombezug über in KWK-Anlagen von bis zu 2 MW elektrischer Nennleistung erzeugten Strom in Eigenversorgung bedeutet dies im Regelfall eine spezifische indirekte Förderung von 2,05 Cent/kWh. Es existieren allerdings weitere Ausnahmen des Regelfalls. Insbesondere betrifft dies Unternehmen, die eine Steuerentlastung von 25% nach § 9b StromStG beantragen können sowie eine Steuerentlastung für Unternehmen des produzierenden Gewerbes von bis zu 90% der verbleibenden Steuerlast nach § 10 StromStG.

Aus der von Destatis veröffentlichten Fachserie 4 Reihe 6.4 (Destatis, 2017) kann entnommen werden, dass 2016 etwa 5,1 TWh in KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von unter 10 MW erzeugt wurden, sowie etwa 30 TWh in KWK-Anlagen mit einer Nennleistung von mehr als 10 MW. Unter der Annahme der Gleichverteilung sowie Annahmen zum Eigenversorgungsanteil des in KWK-Anlagen erzeugten Stroms in der Industrie lässt sich schätzen, dass etwa 1 TWh Strom in der Industrie unter die Ausnahmeregelung nach § 9 StromStG fällt. Hinzu kommen die zur Eigenversorgung erzeugten Mengen aus der den nicht erfassten BHKW mit einer installierten Leistung unter 1 MW, den nicht erfassten biogenen Anlagen sowie teilweise aus den KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung.

Für die Menge von 1,0 TWh Strom aus dem produzierenden Gewerbe wird im Falle eines Netzbezugs eine durchschnittliche, wegen der oben genannten Ausnahmefälle um 50% reduzierte Stromsteuer von 10 Euro/MWh angesetzt. Für die weiteren Mengen wird eine volle Stromsteuer von 20,50 Euro/MWh angesetzt. Insgesamt ergibt sich hierdurch eine indirekte Förderung der KWK von 158 Mio. Euro durch den Umstand, dass zur Eigenversorgung erzeugter Strom von der Stromsteuer ausgenommen ist.

Gesamt

Die Posten EEG-Umlage und Stromsteuer sowie kleinere Beträge, welche aus ähnlichen Ausnahmefällen u.a. zur Konzessionsabgabe, der Offshore-Haftungsumlage, der §19 StromNEV-Umlage sowie der Umlage für abschaltbare Lasten stammen, ergeben insgesamt eine indirekte Förderung aller KWK-Anlagen von 1.393 Mio. Euro.

Tabelle 33: Strommengen, spezifische vermiedene Kosten und Summe der indirekten Förderung von KWK-Anlagen, 2016.

Preisbestandteil	Kostenregelung bei Netzbezug	Strom-menge in TWh	Spezifische vermiedene Kosten in Cent/kWh	Indirekte Förderung in Mio. Euro
EEG-Umlage	Besondere Ausgleichsregelung	18,6	0,4	73
	Regelfall	18,0	6,1	1.089
	Gesamt EEG-Umlage	**36,5**	**3,3**	**1.162**
Stromsteuer	Öffentliche Versorgung, BHKW < 2 MW, nicht erfasste biogene Anlagen	7,3	2,1	148
	Produzierendes Gewerbe	1	1,0	10
	Gesamt Stromsteuer	**8,2**	**1,9**	**158**
Sonstige		**36,5**	**0,2**	**73**
Gesamt				**1.393**

Quelle: Prognos 2017

Neben diesen Positionen gibt es im Bereich der Netzentgelte Regelungen, die zu Einnahmen bzw. vermiedenen Bezugskosten für KWK-Anlagen führen. Zum einen fallen für selbst verbrauchten Strom keine Netzentgelte an, zum anderen erhalten KWK-Anlagen Zahlungen für dezentral in Netz eingespeisten Strom. Im engeren Sinn stellen diese Regelungen keine Förderung dar, da die entgeltpflichtige Leistung (Netznutzung) nicht in Anspruch genommen wird. Allerdings haben diese Regelungen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und z.T. auf die Fahrweise von KWK-Anlagen und werden daher im Folgenden kurz darstellt.

Netzentgelte

Für selbst genutzten Strom fallen keine Netzentgelte an, da der Strom vor Ort erzeugt wird und nicht über das Stromnetz transportiert werden muss. Im engeren Sinne handelt es sich damit bei der Netzentgeltbefreiung um keine indirekte Förderung der Eigenversorgung bzw. von KWK. Der größte Teil der Betriebe mit Eigenversorgungsanlagen ist allerdings an das Stromnetz angeschlossen und kann bei Ausfall der eigenen Erzeugungsanlagen aus dem Stromnetz versorgt werden. Für einen solchen Fall von selten eintretenden Bezugssituationen profitieren die Unternehmen dabei von gesonderten Netzentgelten (Monatspreisblätter). Für den Fall der kurzzeitigen Inanspruchnahme des Netzes zahlen die Verbraucher dann wesentlich weniger, als wenn sie über einen längeren Zeitraum Strom aus dem Netz beziehen würden.

Eine klare Einordnung der Netzentgeltbefreiung hinsichtlich einer indirekten Förderung ist schwierig. Im Folgenden wird abgeschätzt, wie hoch die zu zahlenden Netzentgelte wären, wenn es keine Eigenversorgung durch KWK-Anlagen gäbe.

Die zu zahlenden spezifischen Netzentgelte erfordern Annahmen über die Leistung der KWK-Anlagen und der sich daraus ergebenden Spannungsebene im Stromnetz, aus der der Strom bezogen würde. Im Allgemeinen wird angenommen, dass KWK-Anlagen mit einer Leistung kleiner 250 kW in der Niederspannung angeschlossen sind. Anlagen zwischen 250 kW und 10 MW sind in der Mittel- und Anlagen mit einer installierten Leistung von über 10 MW in der Hochspannung angeschlossen. Ohne Eigenversorgung würde ein Strombezug über diese jeweilige Spannungsebene erfolgen.

Das BAFA veröffentlicht die unter dem KWKG zugelassenen Anlagen nach Größenklassen für die Jahre 2009 bis 2016 (BAFA, 2017b). Anhand dieser Veröffentlichung wird unter der Annahme der Übertragbarkeit die Verteilung der installierten Leistung nach Größenklassen aller KWK-Anlagen geschätzt. Unter der Verwendung der Informationen aus Tabelle 32 kann mittels dieser Verteilung der installierten Leistung über die Größenklassen geschätzt werden, dass etwa 3,4 TWh des zur Eigenversorgung erzeugten Stroms aus KWK-Anlagen alternativ Strom aus der Niederspannungsebene, 6,7 TWh aus der Mittelspannung sowie 26,4 TWh aus der Hochspannungsebene bezogen würden.

Für die verschiedenen Spannungsebenen wurde in Anlehnung an den Monitoring-Bericht der BNetzA zu entrichtende Netzentgelte von 6,7 Cent/kWh (Niederspannung), 3,5 Cent/kWh (Mittelspannung) bzw. 2,1 Cent/kWh (Hochspannung) angenommen. Der Großteil des in der Hochspannung bezogenen Stroms ist von weiteren Ausnahmeregelungen der StromNEV betroffen: Es wird angenommen, dass sich für drei Viertel des Verbrauchs, also für 19,8 TWh, ein vermindertes Netzentgelt von durchschnittlich 0,3 Cent/kWh ergeben würde und nur auf 6,6 TWh das volle Netzentgelt der Hochspannungsebene von 2,1 Cent/kWh gezahlt werden müsste.

Insgesamt führen die dargestellten Annahmen zum Ergebnis, dass ohne die Eigenerzeugung für den entsprechenden Strombezug aus dem Netz Netzentgelte in Höhe von **659 Mio. Euro** angefallen wären.

Erlöse aus vermiedenen Netzentgelten

Für die Einspeisung von Strom unterhalb der Übertragungsnetzebene erhalten KWK-Anlagen Erlöse aus vermiedenen Netzentgelten (vNNE), da davon ausgegangen wurde, dass dezentral erzeugter Strom bestimmte Kosten des Netzaufbaus vermeidet. Die Höhe der vNNE berechnete sich bisher nach der Höhe des Netzentgeltes der vorgelagerten Netzebene. In der Praxis ergeben sich die vNNE aus Arbeits- und Leistungspreis (Einspeisung im Moment der Höchstlast). Je nach Netzgebiet und nach Netzebene können die Erlöse daher sehr unterschiedlich ausfallen. Nach einer Abschätzung der BNetzA betrugen die vNNE in Summe für alle KWK-Anlagen **685 Mio. Euro** im Jahr 2015 (BNetzA 2015). Diese Erlöse entfallen auf die dezentrale Einspeisung von KWK-Anlagen, unabhängig davon, ob der erzeugte Strom gekoppelt oder ungekoppelt erzeugt wird.

Da sich durch steigende Netzentgelte die vNNE ebenfalls stark erhöhten und der dezentral erzeugte Strom nicht nur vor Ort verbraucht, sondern teilweise auch über das Übertragungsnetz geleitet wird, wurde im Sommer 2017 im NEMoG eine Änderung beschlossen. Darin ist geregelt, dass die Berechnungsbasis für die vNNE für KWK-Anlagen ab dem Jahr 2018 die Netzentgelte des Jahres 2016 abzüglich der Kosten für die Offshore-Anbindung sind. Für KWK-Neuanlagen ab dem 1. Januar 2023 werden die vNNE komplett abgeschafft.

4.5 Die KWK im Energiesystem

Die Betriebsweise der KWK-Anlagen lässt sich in drei Kategorien einteilen: 1) wärmegeführte Anlagen richten ihre Betriebsweise auf den Wärmebedarf aus; für 2) stromgeführte Anlagen ist der Strompreis entscheidend. Bei einer 3) gesamtoptimierten Betriebsweise setzt der Anlagenbetreiber die KWK-Anlage im Verbund mit anderen Erzeugungsanlagen wie etwa Wärmespeichern so ein, dass sich die Anlage sowohl am Strompreis als auch am Wärmebedarf orientiert.

Die gesamtoptimierte Betriebsweise ist die systemdienlichste Betriebsweise für eine KWK-Anlage, da weder KWK-Strom noch KWK-Wärme brennstofffreie erneuerbare Energien im Strom- oder Wärmemarkt verdrängen.

Im Stromsektor ist eine KWK-Anlage daher systemdienlich, wenn sie auf Marktpreise reagiert. Seit der letzten KWKG-Novelle erhalten neu installierte KWK-Anlagen bei negativen Strompreisen keine Förderung mehr.

Zusätzlich sollten KWK-Anlagen, um im Stromsektor systemdienlich betrieben zu werden, auch regulär vor brennstofffreien erneuerbaren Energien zur Behebung von Netzengpässen beitragen. Technisch sind KWK-Anlagen hierzu auch in den meisten Fällen in der Lage. Dies ist derzeit aufgrund der Regelungen und Praxis beim Redispatch aber noch nicht der Fall.

Der Wärmesektor stellt im Gegensatz heute noch keine hohen Anforderungen an einen flexiblen Betrieb der KWK-Anlagen. Denn der Anteil der brennstofffreien erneuerbaren Energien am Wärmemarkt lag im Jahr 2013 insgesamt nur bei 13,3 Prozent. Parallel produzieren KWK-Anlagen 75 Prozent der Fernwärme. Mit zunehmender Integration brennstofffreier erneuerbarer Energien und Abwärme werden die Anforderungen an einen flexiblen Betrieb der KWK-Anlagen aus dem Wärmemarkt steigen.

4.5.1 Betriebsweise der KWK-Anlagen, Flexibilität und Zusammenspiel mit anderen Wärmequellen

KWK-Anlagen werden in der Regel so betrieben, dass der höchste wirtschaftliche Nutzen entsteht. Je nachdem in welchem Umfeld die Anlagen eingesetzt werden, ergeben sich unterschiedliche Betriebsweisen. Diese hängen hauptsächlich vom Wert des erzeugten Stroms und der erzeugten Wärme ab, sowie von weiteren Rahmenbedingungen.

Vereinfacht lassen sich die Betriebsweisen wie folgt einteilen:

- Wärmegeführt: Die vorhandene Wärmeanforderung bestimmt im Wesentlichen die Fahrweise der KWK-Anlage. Diese Betriebsweise wird vorwiegend in der Objektversorgung, aber auch im Industriebereich gewählt. Für Industrie gilt dies insbesondere bei wärmeintensiven Prozessen. Anlagen in diesen Anwendungsfeldern haben häufig geringe Stromkennziffern.
- Strom(markt)geführt: Der Strompreis (bei Netzeinspeisung) bzw. der Strombedarf (bei Eigenversorgung) entscheidet hauptsächlich über die Fahrweise der Anlagen. Diese Fahrweise kommt sehr häufig bei KWK-Anlagen mit einer geringen Wärmeauskopplung vor. Im Extremfall verhalten sich diese Anlagen wie reine Kondensationskraftwerke. Dies kommt vorrangig bei Eigenversorgungs-Projekten vor. In der öffentlichen Versorgung wird aus wirtschaftlichen Gründen die Wärme meist in einem Wärmespeicher genutzt. Voraussetzung für eine stromgeführte Fahrweise ist eine von diesen KWK-Anlagen weitestgehend unabhängige Wärmeversorgung.
- Gesamtoptimiert: Die KWK-Anlage wird im Verbund mit anderen Erzeugungsanlagen (Kraftwerken, Wärmespeichern, Heizkesseln, E-Heizern) eingesetzt. Wenn mehrere Anlagen ein Wärmenetz oder eine Wärmesenke versorgen können, wird flexibel entschiedenen, welche Einsatzkombination am wirtschaftlichsten ist.

Eine eindeutige Zuordnung von allen Anlagen oder KWK-Segmenten zu den einzelnen Betriebsweisen ist nicht möglich.

Im Zusammenspiel mit zusätzlichen Wärmeerzeugern und ausreichend dimensionierten Wärmespeichern kann sich die KWK technisch sehr gut an externe Vorgaben aus dem Strom- und Wärmemarkt anpassen und systemdienlich verhalten. Dies gilt für alle Leistungsbereiche und Einsatzgebiete von der Objektversorgung bis hin zur Industrie und Fernwärme. Die zusätzlichen ungekoppelten Wärmeerzeuger und Wärmespeicher ermöglichen es den KWK-Anlagen technisch, ihre Einsatzzeiten an externe Anforderungen (z.B. Strompreis, Angebot fluktuierender Stromerzeugung, Stromnachfrage) anzupassen ohne dabei die Wärmeversorgung zu gefährden. Auch eine Anpassung des Betriebs an fluktuierende Wärmeeinspeisung aus PV oder Solarthermie ist technisch möglich.

Abbildung 22 zeigt unterschiedliche Verhalten einer KWK-Anlage im Zusammenspiel mit einem Kessel und einem Wärmespeicher im wärmegeführten, netzgeführten und intelligent netzgeführten Betrieb[10] für einen Beispieltag. Die netzgeführten Betriebsweisen

[10] Bei dieser Betriebsweise werden der Steuerung des BHKW Kurzfristprognosen (12h) über die Residual lastsituation bereitgestellt.

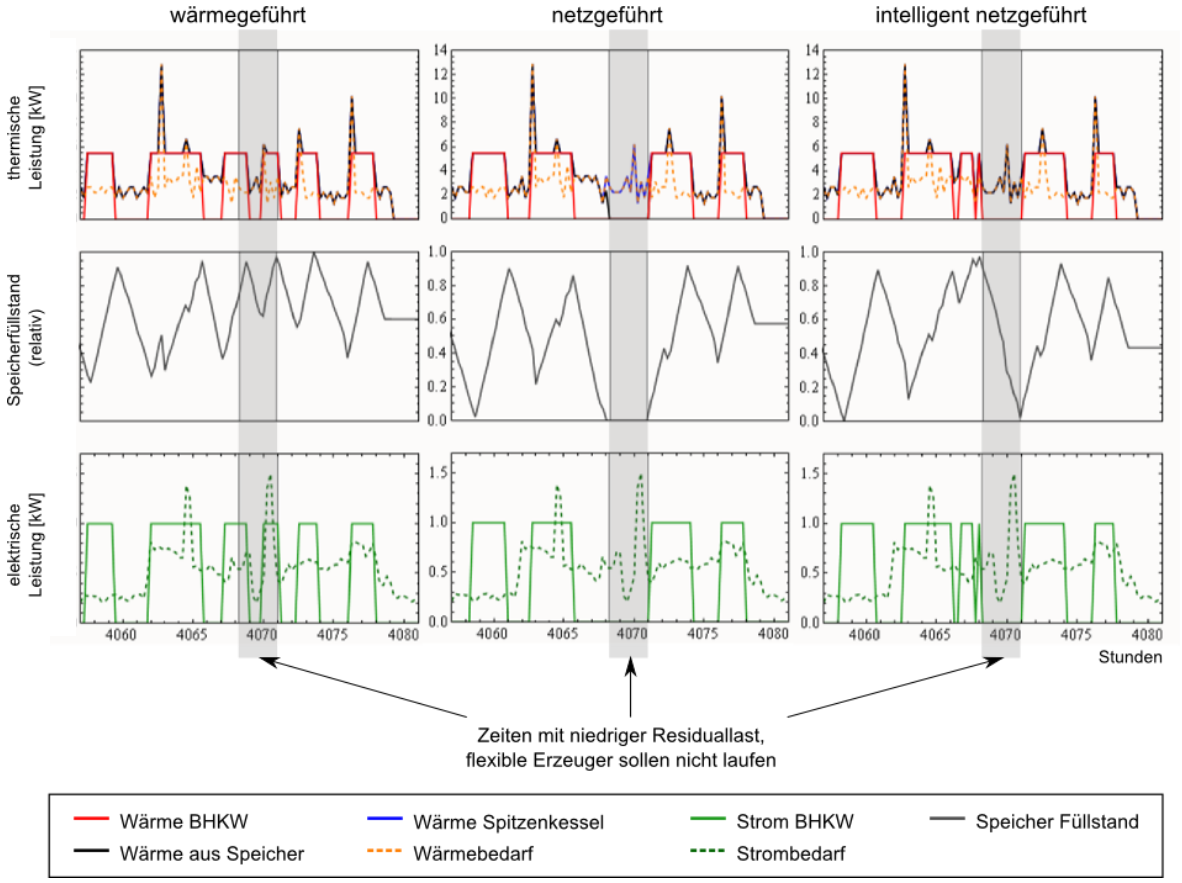
berücksichtigen die Residuallastsituation des öffentlichen Stromnetzes bei der Einsatzplanung des BHKW und optimieren dessen Einsatz. Die gezeigten Verhaltensweisen sind unabhängig von Anlagengröße und Einsatzbereich der KWK-Anlage.

Mittags gibt es eine Zeit, in der die Residuallast im Strommarkt und im Wärmenetz sehr niedrig ist. In der Grafik wird dies durch den grau eingefärbten Bereich symbolisiert. In dieser Zeit sollten flexible Erzeuger nicht in Betrieb sein. Das obere Bild zeigt jeweils Wärmeerzeugung und Wärmebedarf, das mittlere den Füllstand des Wärmespeichers und das untere Stromerzeugung und Strombedarf. Im wärmegeführten Betrieb beachtet die Steuerung der Anlage keine Restriktionen der Netzvorgaben und produziert entsprechend der Wärmenachfrage auch während der Zeit, in der kein Bedarf für Strom besteht.

Demgegenüber wird im netzgeführten Betrieb das BHKW während dieser Zeit ausgeschaltet. Allerdings ist der Wärmespeicher zum Zeitpunkt des Ausschaltens hier gerade leer, so dass während dieser Auszeit der aktuelle Wärmebedarf vom Spitzenkessel gedeckt wird (blaue Linie).

Der intelligent netzgeführte Betrieb unterliegt der Vorgabe, dass u. a. auf Basis selbstlernender Systeme die Informationen über erzwungene Ausschaltzeiten und den Wärmebedarf mit zwölfstündiger Vorhersage vorliegen. Hier kann der Wärmespeicher vor dem erzwungenen Abschalten so gefüllt werden, dass der während der Auszeit bestehende Wärmebedarf aus dem Speicher gedeckt werden kann. Die Gesamtlaufzeit des BHKWs erhöht sich damit und der Beitrag des Spitzenkessels zur Wärmeversorgung wird entsprechend kleiner. Berechnungen haben gezeigt, dass sich die Vollbenutzungsstunden der BHKW im intelligent netzgeführten Betrieb bis zum Jahr 2030 um etwa 10 % reduzieren – dabei wurde ein Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung gemäß Energiereferenzprognose des BMWi unterstellt. Dies gilt insbesondere, wenn die KWK-Anlagen gezielt auf eine höhere Wärme-Abdeckung und geringere Vollbenutzungsstunden projektiert werden.

Abbildung 22: Beispielhaftes Anlagenverhalten von KWK-Anlagen im wärmegeführten, netzgeführten und intelligent netzgeführten Betrieb für einen Beispieltag (weitere Erläuterungen siehe Text).



Quelle: [Prognos/ifeu/BHKW-Consult 2013]

Aktuell fehlt es allerdings insbesondere im kleinen Leistungssegment sowie in Teilen der industriellen KWK an Anreizen für eine netzdienliche Fahrweise.

4.5.2 Derzeitige Systemdienlichkeit von KWK-Anlagen

Zur Bewertung der Rolle von KWK muss näher analysiert werden, wie systemdienlich KWK-Anlagen heute eingesetzt werden. Konkret stellt sich die Frage, ob und in wie weit die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen flexibel an die Stromerzeugung aus variablen erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne angepasst wird, oder ob die Betriebsweise zu einer Abregelung von Wind- und PV-Stromerzeugung führt und damit zu einer Erhöhung von Treibhausgasemissionen des Systems.

Seit dem KWKG 2016 bekommt die Stromerzeugung bei negativen Strompreisen keinen KWKG-Zuschlag mehr. Für das Jahr 2016 haben die Anlagenbetreiber dem BAFA gemeldet, dass

16 GWh Strom in Zeiten negativer Strompreise erzeugt wurden, also unter 0,04 % der geförderten KWK-Strommenge.

Negative Preise auf dem Spotmarkt sind aber kein ausreichender Indikator für die Netzsituation an den Einspeisepunkten. So kommt es trotz der genannten geringen Mengen häufiger zu Situationen, in denen erneuerbare Energieerzeuger abgeregelt werden müssen, weil die Netze nicht genügend Strom aufnehmen können. Netzbetreiber sind berechtigt und verpflichtet, Stromeinspeisungen (konventionell und wenn nötig auch regenerativ), Stromabnahmen (Lastabwurf) und Stromtransite nach § 13 Abs. 2 EnWG anzupassen, wenn netz- oder marktbezogenen Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 EnWG nicht ausreichen. Deshalb muss zur Bewertung der Systemdienlichkeit von KWK-Anlagen neben den Gesamtmengen als zweiter Aspekt das Thema Netzengpässe näher beleuchtet werden.

Ein Netzengpass liegt vor, wenn sich eine physikalische Übernutzung eines Betriebsmittels abzeichnet und das Stromsystem nicht mehr ausreichend sicher betrieben werden kann. Zuständig für die Identifikation und Beseitigung von Netzengpässen (Engpassmanagement) sind die Netzbetreiber. Die Identifikation erfolgt mit Hilfe von Lastflusssimulationen. Diese bilden die möglichen Stromflüsse zu verschiedenen Zeitpunkten ab und werden in verschiedenen Abständen zum Erfüllungszeitpunkt durchgeführt. Basis für die Lastflussberechnungen sind regionalisierte Prognosen zur Einspeisung von Strom, sowie die angemeldeten Fahrpläne von Kraftwerksbetreibern. Die verwendeten Daten variieren in ihrer Qualität abhängig davon, wie weit der betrachtete Zeitpunkt entfernt ist und welche Daten zur Verfügung stehen.

Zur Behebung von Netzengpässen stehen nach EnWG den Netzbetreibern verschiedene netz- und marktbezogene Maßnahmen zur Behebung der Engpässe zur Verfügung: Diese vorrangig zu ergreifenden Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 EnWG sind topologische Maßnahmen (z.B. Netzschaltungen), Redispatch, Countertrading sowie Aktivierung von zu- und abschaltbaren Lasten. Notfallmaßnahmen nach § 13 Abs. 2 EnWG sind Einspeisemanagement (in Verbindung mit §§ 14, 15 EEG) und Lastabwurf (siehe aber zu den geplanten Rechtsänderungen beim Einspeisemanagement und regulatorischen Redispatch Ziff. 4.1.6).

Im politischen Fokus stehen die Heranziehung von KWK-Anlagen in den regulatorischen Redispatch und in das Einspeisemanagement. Bei diesen Maßnahmen greift der Netzbetreiber in die ursprünglich geplanten Fahrpläne der Kraftwerke ein. Die Leistung eines Kraftwerks vor dem engpassbehafteten Netzelement wird gedrosselt. Hinter dem Netzengpass wird die Leistung erhöht. Erfolgt die Leistungsreduzierung bei einer EEG- oder KWK-Anlage spricht man von Einspeisemanagement, bei einer ungekoppelten fossil-thermischen Erzeugung spricht man von Redispatch.

Grundsätzlich gilt hinsichtlich des vorrangberechtigten KWK-Stroms (der Kondensationsstrom von KWK-Anlagen genießt nicht

den Einspeisevorrang nach § 3 KWKG), dass der Netzbetreiber zunächst Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 EnWG ergreifen muss. Sofern diese ausgeschöpft sind oder zeitlich nicht mehr durchführbar sind, müssen Maßnahmen nach § 13 Abs. 2 EnWG ergriffen werden – dann können auch sämtliche KWK- und EE-Anlagen trotz des gesetzlich festgelegten Einspeisevorrangs im Wege des Einspeisemanagements abgeregelt werden. Für KWK-Anlagen ab 10 MW Leistung kann der Netzbetreiber zudem im Wege des regulatorischen Redispatch eine Abregelung nach § 13a EnWG vornehmen.

Die konkrete Abschaltreihenfolge im Verhältnis zwischen KWK- und EE-Anlagen ist bislang nicht eindeutig geregelt. Auch der am 25. Juni 2018 veröffentlichte Leitfaden der BNetzA zum EEG-Einspeisemanagement (Version 3.0) erlaubt keine abschließende Beantwortung der Frage. Der Leitfaden enthält jedoch Modalitäten zur Berechnung der Entschädigung. Auch bei Umsetzung der geplanten Neuregelungen soll der Leitfaden vorerst weiter Anwendung finden.

Einem vorrangigen Abregeln von KWK-Anlagen vor EE-Anlagen stehen derzeit – neben den gesetzlichen Verpflichtungen – vor allem praktische Probleme entgegen. Diese sind beispielsweise rechtliche Unsicherheiten seitens der Übertragungsnetzbetreiber hinsichtlich Entschädigungsregelungen bei Wärmeausfall. Zudem haben die anfordernden Netzbetreiber nicht immer ausreichend Kenntnis darüber, in wie weit KWK-Anlagen Regelleistung vorhalten und damit zur Systemsicherheit beitragen.

Die Jahresauswertung der BNetzA [BNetzA 2018] weist jeweils die Energieträger aus, die unter die Einspeisemanagement Maßnahmen gefallen sind. Die Ausfallarbeiten von KWK-Strom betragen im Jahr 2016 1,8 GWh. Das sind 0,0% der gesamten Ausfallarbeit von 3.743 GWh. Der größte Anteil an der Ausfallarbeit beträgt mit Abstand auf Onshore-Windkraftanlagen mit 3 498 GWh. Mit den vorläufigen Zahlen für die Quartale 1 bis 3 in 2017 hat sich dieses Verhältnis nicht geändert.

Welchen Beitrag die KWK-Anlagen zur Entlastung von Netzengpassen leisten hätten können, wurden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Generell gilt jedoch, dass eine stärkere Einbeziehung von KWK-Anlagen bzw. von KWK-Erzeugung zum Redispatch die Abregelung von erneuerbaren Strom und den Bedarf an Redispatch insgesamt reduzieren kann. Technisch sind KWK-Anlagen in den meisten Fällen dazu in der Lage.

Das oben ausführlich behandelte Themenfeld gilt umso mehr für Kondensationskraftwerke. Effiziente gekoppelte Systeme sollten in der Abschaltreihenfolge hinter ungekoppelten Kraftwerken eingeordnet werden.

4.5.3 Effekte aus dem Wärmemarkt

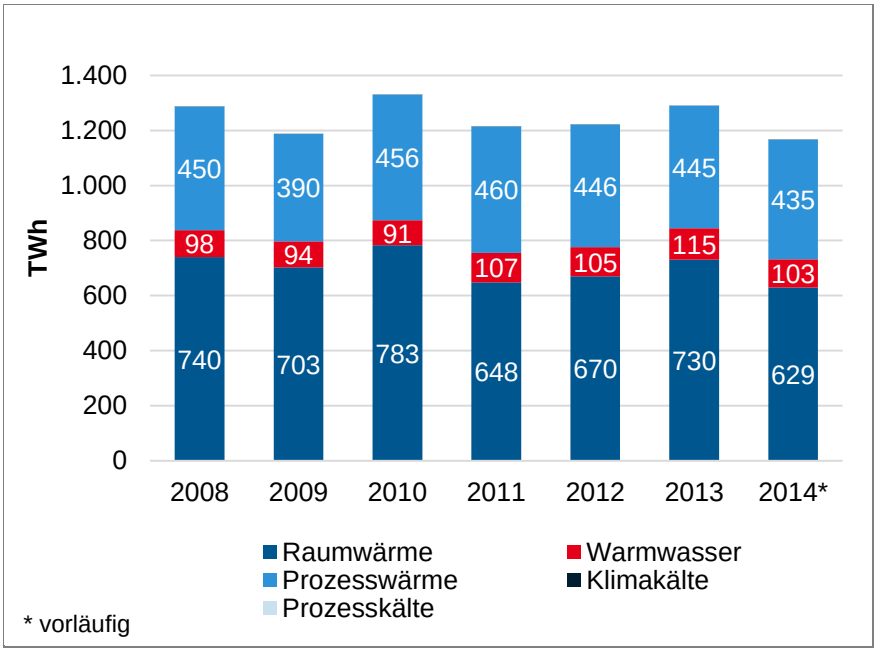
Die gesamtoptimierte Betriebsweise ist die systemdienlichste Betriebsweise für eine KWK-Anlage, da weder KWK-Strom noch KWK-Wärme brennstofffreie erneuerbare Energien im Strom- oder Wärmemarkt verdrängen. Auf der Wärmeseite ist daher ebenfalls entscheidend, dass die KWK-Anlage auf brennstofffreie erneuerbare Energien reagiert. Dies untersucht dieses Kapitel:

Zur Beschreibung der Effekte auf dem Wärmemarkt bedarf es zunächst einer Abgrenzung der Sektoren und Anwendungen. Dies ist notwendig, da im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), in der Effizienzstrategie Gebäude (ESG) und im Klimaschutzplan unterschiedliche Abgrenzungen und somit unterschiedliche Größenordnungen und Maßnahmen zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes verwendet wurden. Hierfür wird auf die im letzten Erfahrungsbericht zum EEWärmeG [BMWi 2015a] festgelegte Abgrenzung zurückgegriffen:

- Der Endenergieverbrauch für Wärme- und Kälte beinhaltet alle Wärme- und Kälteanwendungen, also Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimakälte und Prozesskälte.
- Der Stromverbrauch, der zur Wärme- und Kälteerzeugung eingesetzt wird, wird nicht in die Berechnung einbezogen. Diese Berechnungsweise vermeidet Doppelzählungen, auch wenn der Wärmemarkt, insbesondere in Bezug auf Stromdirekt-Heizungen, damit nicht vollständig abgebildet wird.

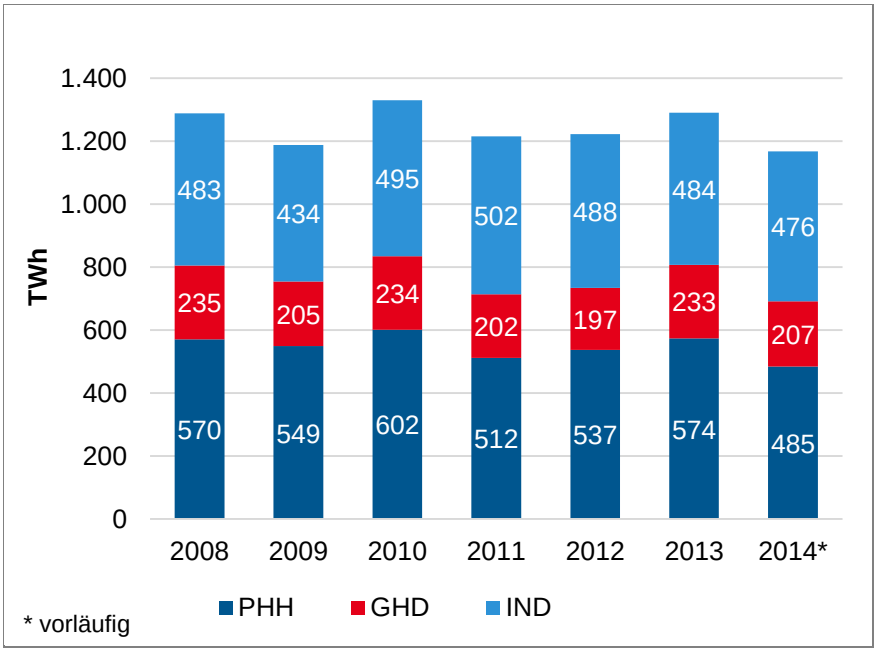
Im Jahr 2013 betrug der Endenergieverbrauch für die Anwendungszwecke Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimatisierung und Kälteerzeugung in den Sektoren Private Haushalte, GHD und Industrie insgesamt 1.291 TWh, im Jahr 2014 lag dieser Verbrauch mit 1.168 TWh niedriger, was in erster Linie auf eine mildere Witterung zurückzuführen ist [Prognos et. al. 2016]. Abbildung 23 stellt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte von 2008 bis 2014 nach Anwendungen (Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimakälte, Prozesskälte) dar. Der größte Teil des Wärme- und Kälteverbrauchs entfällt auf die Anwendungen Raumwärme und Prozesswärme. Für die Anwendungen Klimatisierung und Prozesskälte wird hauptsächlich Strom eingesetzt, weshalb sie in der gewählten Abgrenzung nur geringen Anteil am gesamten Wärme- und Kälteverbrauch haben.

Abbildung 23: Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte nach Anwendungszwecken



Quelle: Prognos et. al. 2016

Abbildung 24: Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte nach Sektoren

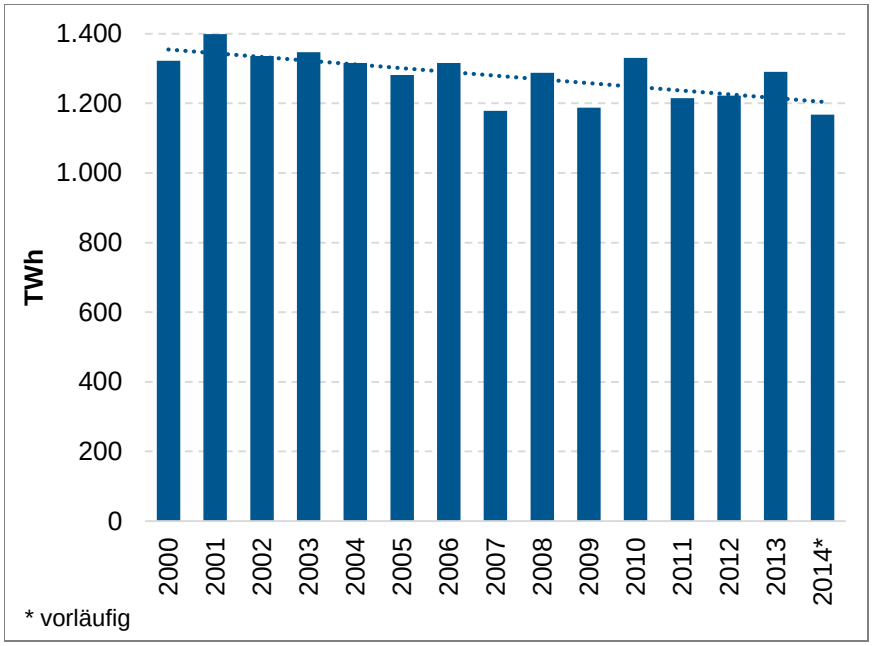


Quelle: Prognos et. al. 2016

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte zwischen den Jahren 2008 und 2014 lässt zunächst keinen klaren Trend erkennen. Bei Betrachtung eines längeren Zeitraums zeigt sich hingegen, dass der Endenergieverbrauch in den vergangenen

Jahren abgenommen hat (Abbildung 25). Zwischen den Jahren 2000 und 2014 sank der Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte um durchschnittlich ein Prozent pro Jahr.

Abbildung 25: Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte zwischen 2000 und 2014



Quelle: Prognos et. al. 2016

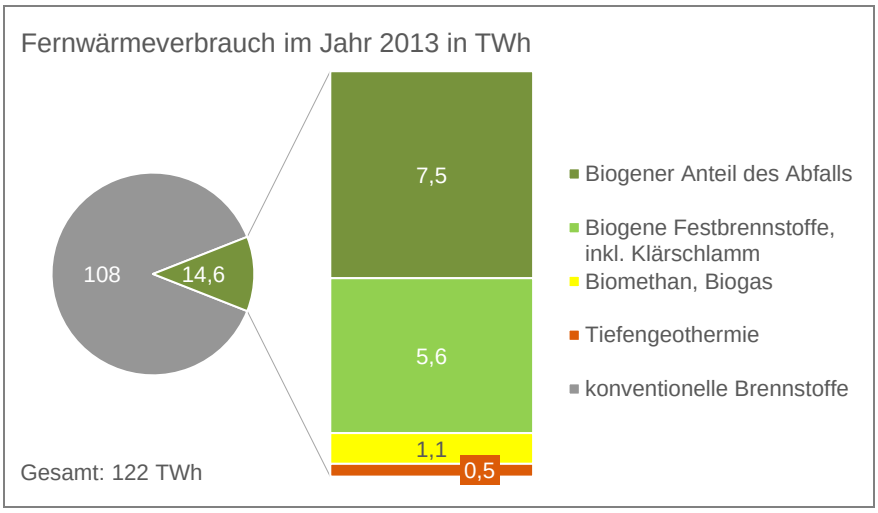
Ein wesentlicher Grund für diesen langfristig sinkenden Trend ist die Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme. Der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme von Wohngebäuden ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gesunken. Hierzu tragen zum einen Neubauten bei, deren energetischer Standard in der Regel besser ist als der Durchschnittswert des Bestands, sowie zum anderen energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden. Diese Entwicklungen werden sich zukünftig fortsetzen und zu einer weiteren Absenkung des Wärmebedarfs von Gebäuden führen. Basierend auf den langjährigen historischen Trends ist künftig damit von einer weiteren Senkung des Endenergieverbrauchs für Wärme auszugehen.

Der Anteil erneuerbarer Energien am Wärmemarkt lag im Jahr 2013 bei 13,3 % [BMWi 2015a]. Mit 122 TWh wurden im Jahr 2013 gut 9 % des Endenergieverbrauchs für Wärme und Kälte aus Fernwärme gedeckt [Prognos et. al. 2016].

Der Verbrauch von Fernwärme aus erneuerbaren Energien nach Abzug von Netzverlusten wird vom biogenen Anteil des Abfalls sowie von biogenen Festbrennstoffen dominiert. Alle übrigen Energieträger nehmen eine untergeordnete Rolle ein. Es gibt in Deutschland zwar bereits einige Fernwärmeprojekte, welche Wärme aus solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen einbinden, deren Bedeutung im Wärmemarkt mit erneuerbaren Energien ist aber noch sehr gering. Bezogen auf den gesamten

(konventionell und erneuerbar basierten) Verbrauch von Fernwärme in Höhe von etwa 122 TWh gemäß Energiebilanz 2013 (AGEB 2015) ergibt sich ein Anteil der erneuerbaren Energien von 12,1 %.

Abbildung 26: Fernwärmeverbrauch aus erneuerbaren Energien im Jahr 2013 nach AGEB-Konvention (nicht witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos et. al. 2016

Bei diesem Wert ist zu beachten, dass die Wärmeerzeugung aus kleinen Heizwerken, die in Nahwärmenetze einspeisen, aber auch ein Großteil der Wärmeerzeugung aus Biogasanlagen, bei denen die Leistungsklasse < 1 MW_{el} dominiert (DBFZ und IWES 2014), in den amtlichen Statistiken nicht berücksichtigt sind. Damit ist der oben ermittelte Anteil der erneuerbaren Energien an der Fernwärmebereitstellung als Untergrenze zu interpretieren.

Der weit überwiegende Teil des Wärmemarktes ist dezentral in kleinen Erzeugungseinheiten (Objektversorgung) organisiert. Der Anteil der Fernwärme am Endenergieverbrauch für Raumwärme liegt bei 8,7 % (Abschnitt 4.1.4). Die Szenarien aktueller Gutachten gehen langfristig von einem Fernwärmeanteil bis zu 20% aus (z.B. [IWES/IBP 2017], [ISI/Consentec/ifeu 2017], [Öko/ISI 2015]), wobei die Abgrenzung zwischen Fernwärme, Nahwärme und Quartiersversorgung nicht eindeutig bzw. fließend ist. Dennoch ist auf Basis dieser Studien zu erwarten, dass der überwiegende Teil des Wärmemarktes auch langfristig dezentral organisiert sein wird.

Für die Einzelversorgung, Quartiersversorgung oder Nahwärmenetze eignen sich vorwiegend größere Objekte in Gebieten mit hoher Wärmenachfrage. Hierzu zählen nach qualitativer Einordnung alle Mehrfamilienhäuser (ca. 3 Mio. Gebäude) sowie ausgewählte Nichtwohngebäude, z.B.: Hotels, Krankenhäuser, Schwimmbäder, Pflegeheime, Versorgungs- und Rehabilitationseinrichtungen, Studentenwohnheime, Gewächshäuser. In Summe sind dies etwa 50.000 Versorgungsobjekte, die sich entweder durch eine hohe

Warmwassernachfrage oder durch prozessbedingten Bedarf an hohen Vorlauftemperaturen auszeichnen.

Daraus ergeben sich für die Anforderungen an die Systemdienlichkeit der KWK-Anlage bzw. ihren systemdienlichen Betrieb aus dem Wärmemarkt heute noch sehr geringe Anforderungen: Es ist jedoch absehbar, dass diese Anforderungen mit dem Ausbau der brennstofffreien erneuerbaren Energien in der Fernwärme steigen werden.

Werden KWK-Anlagen in Kombination mit solarthermischen Anlagen erstellt, wird normaler Weise aus wirtschaftlichen Gründen die Nutzung solarthermischer Wärme, die ohne Verbrauchskosten bereitgestellt werden kann, einen Vorrang vor der Wärmebereitstellung aus der KWK-Anlage genießen. Bei Nutzung von Wärmepumpen (Umweltwärme) sowie Biomasse als erneuerbare Wärmeenergie kann es bei Kombinationen mit einer KWK-Anlage zu einer wirtschaftlichen Konkurrenzsituation kommen.

Energieeffizienzstrategie Gebäude

Mit der Energieeffizienzstrategie Gebäude (ESG) (BMWi 2015b) existiert für einen großen Teil des Wärmemarktes ein Strategieprozess der Bundesregierung. Sie umfasst sämtliche Wohngebäude und Nichtwohngebäude der Sektoren Private Haushalte, Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Die im Rahmen der Entwicklung der Strategie berechneten Szenarien haben verdeutlicht, dass die Energiewende-Ziele im Gebäudebereich nur durch ein Zusammenspiel von Energieeffizienz (Reduktion der Wärmenachfrage) und der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung (Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung) erreicht werden können (Prognos et. al. 2015b).

Der Endenergieeinsatz im Gebäudebereich sinkt in den Zielszenarien der ESG bis zum Jahr 2030 um 20 % bis 30 % gegenüber dem Jahr 2008. Der Anteil von EE-Wärme steigt von aktuell ca. 13,3 % auf 29 % bis 40 % (Prognos/IWU/IFEU 2015).

Der Fernwärme wird hierbei in der ESG und diversen weiteren aktuellen Szenarienarbeiten (z.B. [IWES/IBP 2017], [ISI/Consentec/ifeu 2017], [Öko/ISI 2015]) eine wichtige Rolle beigemessen. Ihr Anteil am Wärmemarkt steigt in den meisten Szenarien langfristig an. Kompatibel zu den Zielen der Energiewende ist diese Entwicklung aber nur dann, wenn es gelingt, den Einsatz Erneuerbarer Energien zur Fernwärmebereitstellung signifikant zu erhöhen. Beispielsweise wird basierend auf der Energiereferenzprognose des BMWi (Prognos, EWI, GWS 2014) im Hintergrundpapier zur ESG von einer Halbierung des THG-Faktors der Fernwärme in Deutschland bis zum Jahr 2040 (Basis: 2008) ausgegangen.

Aus der ESG leiten sich drei Strategien mit direktem Bezug zu Fernwärme und KWK ab:

- Dekarbonisierung der dezentralen Wärmeversorgung.

- Dekarbonisierung der bestehenden Fernwärme.
- Anheben des Anteils von netzgebundener Wärme durch den Ausbau und die Modernisierung bestehender Netze sowie den Zubau von Nahwärmenetzen und Quartiersversorgungen.

Ordnungsrechtlicher Rahmen im Bereich Gebäude

Der ordnungsrechtliche Rahmen im Gebäudebereich wird im Wesentlichen durch das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), der darauf beruhenden EnEV und dem EEWärmeG vorgegeben.

Die EnEV schreibt bautechnische Standardanforderungen zur Einsparung von Energie in Gebäuden vor und gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude. Sie macht Vorgaben für den Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie je m² Nutzfläche (Q_p) in Neubauten und bei der vollständigen Sanierung bestehender Wohn- und Nichtwohngebäude (Hauptanforderung). Hinzu kommen Vorgaben für die energetische Qualität der Gebäudehülle (H'_t) (Nebenanforderung). Sie bildet den rechtlichen Rahmen für die Wärmenachfrage der Gebäude. Der Einsatz der nicht erneuerbaren Primärenergie Q_p wird zum einen durch die energetische Qualität der Gebäudehülle (H'_t) als auch durch die eingesetzten Wärmeenergieträger beeinflusst. Darüber hinaus macht die EnEV Vorgaben für einzelne Bauteile bei teilweisen energetischen Sanierungen.

Die Bilanzierung des Primärenergieeinsatzes nach der EnEV erfolgt nach den Methoden der Verursacherbilanz, also inklusive Energieaufwand der Vorketten der eingesetzten Energieträger. Die Primärenergiefaktoren werden aktuell der DIN 18599 entnommen. Fernwärmeanbieter können ihre Fernwärme zertifizieren lassen – dies ist wirtschaftlich attraktiv, wenn die erzeugte Fernwärme wie in den meisten bestehenden Fernwärmenetzen besser ist als die Vorgaben der DIN 18599.

Die EnEV ist technologieoffen und lässt einen gewissen Spielraum hinsichtlich H'_t und Q_p zu. So reicht es beim Einsatz eines Wärmeerzeugers mit niedriger primärenergetischer Aufwandszahl (z.B. Wärmepumpen, Holzpellets, Wärmenetze mit hohen Anteilen an KWK und Erneuerbaren Energien) aus, die Mindestanforderungen der EnEV an die Gebäudehülle (H'_t) zu erfüllen und dennoch die Hauptanforderung (Q_p) zu erreichen. Bei überwiegend fossil befeuerten Wärmeerzeugern hingegen sind die Anforderungen an die Gebäudehülle (H'_t) deutlich höher, um die Hauptanforderung (Q_p) erfüllen zu können. Letztlich kann der Bauherr darüber entscheiden, wie er diesen Spielraum nutzt.

Die Zielsetzungen des EEWärmeG sind die Schonung fossiler Ressourcen, die Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, die Ermöglichung einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung und die Förderung der Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien. Das Gesetz soll dazu beitragen, den Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis zum

Jahr 2020 auf 14 Prozent zu erhöhen. Das EEWärmeG adressiert auch industrielle Wärme und Kälte und geht damit über den Geltungsbereich der EnEV hinaus. Teil 2 des Gesetzes macht Vorgaben für den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung bei Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude). Für den Bestand werden keine Vorgaben zum Einsatz erneuerbarer Energien gemacht; stattdessen wird im Teil 3 des Gesetzes die Förderung Nutzung Erneuerbarer Energien für die Erzeugung von Wärme oder Kälte durch den Bund geregelt. Finanzielle Förderung von Wärme aus erneuerbaren Energien werden nur für bestehende Gebäude gewährt.

Aktuelle Entwicklungen im Bereich des Ordnungsrechts

Die aufgrund der Überlappung geplante Zusammenführung von EEWärmeG und EnEV in einem einheitlichen Gebäudeenergiegesetz (GEG) scheiterte im Frühjahr 2017. Nach der Bundestagswahl im September 2017 wurden vom BMWi mehrere Gutachten zur Vorbereitung eines weiteren Anlaufs in Auftrag gegeben, mit denen Konfliktpunkte des ersten Versuchs aufgearbeitet werden sollen. Konkret handelt es sich um zwei Aspekte, die auch für KWK und Fernwärme Relevanz haben:

- Überprüfung des Anforderungssystems und ggf. stärkere Ausrichtung auf CO_2: Änderungen am ordnungsrechtlichen Anforderungssystem können sich auf das Zusammenspiel der Anforderungen an Energieeffizienz und CO_2-armer Wärme auswirken. Die Effekte für KWK und Fernwärme sind derzeit nicht konkret absehbar.

- Neuordnung der gesetzlichen Regelungen von Primärenergie- und CO_2-Faktoren: Für die KWK ist zu prüfen, inwieweit die aktuelle Bilanzierungsweise (Stromgutschrift) durch eine andere Methode (Carnot-Methode, Finnische Methode) ersetzt werden soll. Beide genannten Methoden haben eine Erhöhung des Primärenergiefaktors von Objekt-KWK und KWK-Fernwärme zur Folge. Mit Blick auf die oben beschriebenen Anforderungen der EnEV würden Objekt-KWK und Fernwärme-KWK damit unattraktiver im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern auf Basis erneuerbarer Energien.

Aktuell liegt ein neuer Referentenentwurf vor, der jedoch noch nicht öffentlich ist. Die weitere Entwicklung ist daher derzeit noch nicht abschätzbar.

Exkurs: Kostenoptimalität im Ordnungsrecht für Gebäude

Zur Vorbereitung der Festlegung der Anforderungen an Energieeffizienz und Primärenergieeinsatz durch das Ordnungsrecht im Bereich Gebäude (EnEG, EnEV, EEWärmeG) führt die Bundesregierung Berechnungen zur Einzelwirtschaftlichkeit der Anforderungen durch. Ziel ist es, das sogenannte kostenoptimale Niveau zu ermitteln. Die Berechnungen sind sehr umfangreich, da aufgrund

unterschiedlicher Wärmeerzeuger und möglichen Wärmedämmniveaus eine große Breite an technischen Lösungsoptionen für Gebäude zur Verfügung steht.

Das kostenoptimale Niveau ist derjenige energetische Gebäudestandard, der über einen gewählten Betrachtungszeitraum den geringsten Kapitalwert (Abgezinste Summe aus Investitions- und Betriebskosten) aufweist. Im Rahmen der Berechnungen kann für die vorgegebenen Rahmenbedingungen jeweils eine kostenoptimale Variante bestimmt werden. In der Regel weisen jedoch mehrere Varianten aus Wärmeversorgung und Energieeffizienzniveau ähnliche Kapitalwerte auf. Gemäß der EU-Gebäuderichtlinie sollte zur Festlegung des kostenoptimalen Niveaus bei gleichen oder sehr ähnlichen Kapitalwerten möglichst die Variante mit dem geringsten Primärenergieverbrauch herangezogen werden.

Ändern sich – wie oben dargelegt - die für die Berechnungen zugrunde gelegten Primärenergiefaktoren (s.o.), so hat dies auch Einfluss auf das ermittelte Kostenoptimum.

4.6 Prognose der KWK-Entwicklung bis 2025

Die Prognose der KWK-Stromerzeugung ist schwierig und abhängig von den Szenarien und der Methode (siehe Kapitel 4.6.1). Dennoch sagen die meisten Studien eine deutliche Zunahme der KWK-Stromerzeugung bis 2030 voraus.

Das 2020er-Ziel des KWKG von 110 TWh Stromerzeugung aus KWK-Anlagen wurde in Deutschland schon im Jahr 2016 erreicht. (siehe Kapitel 4.1.)

Derzeit ist davon auszugehen, dass Deutschland auch sein 2025er-Ziel von 120 TWh erreicht: Die mit Unsicherheiten behaftete Prognose der KWK-Erzeugung ergibt eine KWK-Erzeugung in Höhe von 124 TWh im Jahr 2025, unter der Annahme, dass das KWKG bis 2025 fortgeführt wird.

Laut anderen Szenarien, wie z.B. den Projektionsberichten des Öko-Instituts, könnte die KWK-Strommenge im Jahr 2025 deutlich über 120 TWh (siehe Kapitel 4.6.2) liegen.

Eine Einschätzung der langfristigen Entwicklung der KWK ist aufgrund der Vielzahl relevanter Einflussfaktoren und möglicher Wirkungen politischer Entscheidungen mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Ergebnisse verschiedenen Studien zeigen aber, dass eine Zunahme der KWK-Erzeugung bis 2030 absehbar ist. Auf längere Sicht wird jedoch nicht nur die Erzeugung aus Kohle, sondern auch die fossile KWK-Erzeugung aus Erdgas reduziert werden müssen, um die gesetzten Klimaziele zu erreichen. Die Auswirkungen dieses grundsätzlichen Bildes auf die installierte KWK-Leistung können sehr unterschiedlich ausfallen, abhängig von der Entwicklung des umgebenden Energiesystems.

Im Folgenden wird eine Prognose für den Zeitraum bis zum Jahr 2025 erstellt, wobei selbst diese noch auf erheblichen Unsicherheiten beruht: Da ist zum einen die Änderung des Fördersystems durch das KWKG. Die neuen Aspekte der Bestandsanlagenförderung, der Ausschreibung und der weitgehenden Ausnahme der Eigenerzeugung erlaubt keine einfache Fortschreibung der Investitionsanreize bzw. Fördermengen. Auch der neue Anreiz des Kohleersatz-Bonus und die derzeitigen Diskussionen zur Reduktion der Strom- und Wärmeerzeugung aus Kohle bewirken große Spielräume in ihrer Wirkung auf die KWK-Erzeugung. Das alles kann vor dem Hintergrund eines Energiesystems, das im Wandel begriffen ist, auch auf kurze Sicht erhebliche Änderungen bewirken, die sich auch auf die KWK-Systeme auswirken, deren Betrieb und Wirtschaftlichkeit verschiedensten Einflüssen unterliegt.

4.6.1 Methodik

Die Prognose berücksichtigt die heute bekannten Neubauprojekte, die erfolgte KWKG-Förderung bis 2017 sowie die Ausschreibungsmengen. Außerdem wird unterstellt, dass die KWKG-Förderung bis zum Jahr 2025 mit vergleichbaren Förderanreizen verlängert wird endet.

Bei der Prognose der KWK-Stromerzeugung werden größere Kraftwerksneubauten über 10 MW_{el} von KWK-Kraftwerken mit einer Nettoleistung von insgesamt rund 4 GW berücksichtigt. Dabei handelt es sich um Projekte, deren Realisierung als wahrscheinlich angesehen werden kann.

Tabelle 34: Im Bau befindliche und geplante größere KWK-Kraftwerkprojekte

Name der Anlage	Elektrische KWK-Leistung und Inbetriebnahmejahr									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Marl	61									
Moorburg		24								
Datteln				236						
Lausward GuD Block F	422									
Niehl III	406									
Flensburg (teilweise Modernisierung)	105									
Schongau	67									
Berlin Lichterfelde		300								
Gasmotorenheizkraftwerk Kiel				200						
Marzahn					250					
Wedel						210				
KWM - BHKW (10*10 MW)				100						
Herne 6							640			
Industrieprojekt NN						133				
Industrieprojekt NN										270
Projekte NN				120	120	69				
Ford Saarlouis		22								
Mainova HKW West 5		39								
HKW Gaisburg			31							
Cottbus-Motoren						51				
Chemnitz							130			
Summe	**1.061**	**385**	**31**	**656**	**370**	**463**	**770**	**0**	**0**	**270**
Summe kumuliert	1.061	1.446	1.476	2.133	2.503	2.966	3.736	3.736	3.736	4.006

Quellen: BNetzA, eigene Berechnungen

Nicht alle dieser Projekte stellen einen Zubau der KWK-Leistung dar. Es wird angenommen, dass gut 2,5 GW dieser Leistung bestehende Anlagen ersetzen wird. Alle Anlagen bis auf Datteln werden mit Erdgas betrieben.

Neue KWK-Kraftwerke der öffentlichen Versorgung speisen größtenteils in bestehende Fernwärmenetze ein. Damit ist ihr Betrieb vor allem an die Wärmenachfrage von Haushalten gebunden, so dass sie eine geringere Vollbenutzungsstundenzahl aufweisen als Anlagen der Industrie oder der Objektversorgung. Für die Prognose wird deshalb angenommen, dass die großen Kraftwerke im Mittel etwa 3.000 Stunden pro Jahr betrieben werden können.

Für kleinere Anlagen, die durch das KWKG gefördert werden, wird unter den aktuellen Marktbedingungen davon ausgegangen, dass sie 5.000 Stunden pro Jahr betrieben werden können. Dies gilt auch für Anlagen, die der Eigenerzeugung dienen und in den kommenden Jahren ohne Förderung durch das KWKG in Betrieb gehen werden.

Anlagen in der Größenklasse von 1 MW bis 50 MW müssen sich seit dem Jahr 2017 an Ausschreibungen beteiligen, um eine Förderung durch das KWKG zu erhalten. Das Jahr 2016 war gekennzeichnet durch einige vorgezogene Installationen von KWK-Anlagen, denn durch die Übergangsregelung im KWKG wurden im Jahr 2016 noch Anlagen dieser Größenklasse sowie Anlagen der Eigenerzeugung in die KWKG-Förderung einbezogen. Insgesamt wurden etwa 460 MW in dieser Größenklasse in Betrieb genommen und durch das KWKG gefördert, gut 140 MW davon waren Modernisierungen. Im Vergleich zum Vorjahr wurden damit knapp 164 MW mehr in Anlagen dieser Größenklasse in Betrieb genommen und gefördert, allerdings stellt dies gegenüber dem Jahr 2014 eine deutliche Abnahme dar, in dem 628 MW gefördert wurden. Auch im Jahr 2017 werden noch Anlagen von 1 MW bis 50 MW über die Übergangsregelung förderfähig sein, danach wird in der Prognose von einer Abnahme der jährlich installierten Leistung im Zubau auf die ausgeschriebene Menge von 200 MW ausgegangen. Es wird unterstellt, dass durch die Übergangsregelung des KWKG auch ein höherer Anteil an Modernisierungen bereits in den Jahren 2016 und 2017 erfolgt sein wird.

Im Jahr 2016 wurden kleine Anlagen unter 1 MW mit insgesamt 260 MW in Betrieb genommen und durch das KWKG gefördert. Ähnlich wie bei den Anlagen von 1 MW bis 50 MW entspricht dies einer Zunahme gegenüber dem Jahr 2015 (203 MW), es ist jedoch deutlich weniger als im Jahr 2014 (317 MW). Es ist anzunehmen, dass durch die Übergangsregelungen im KWKG einige Installationen vorzeitig angereizt wurden und danach die geförderten Neuinstallationen und Modernisierungen auf jährlich 150 MW abnehmen werden, weil einige Anwendungsfälle dieser Größenklasse vor allem der Eigenerzeugung dienen und diese weitgehend nicht mehr förderfähig ist. Ab dem Jahr 2019 wird davon ausgegangen, dass es einen Zubau von kleinen Anlagen geben wird, die auch ohne die Förderung wirtschaftlich betrieben werden können, so dass ein Zubau von insgesamt jährlich 200 MW bis zum Jahr 2022 angesetzt wird. Allerdings steht diesem Zubau eine große Menge an Anlagen am Ende ihrer technischen Lebensdauer gegenüber. Nach der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts wurden z. B. im Jahr 2009 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 334 MW verkauft, die im Jahr 2019 nach 10 Betriebsjahren ersetzt werden müssten. Eine Neuinstallation von 200 MW führt damit theoretisch zu einer Netto-Stilllegung von 134 MW. Auf diese Weise ergibt sich ab dem Jahr 2022 in dieser Größenklasse eine sinkende Netto-Leistung..

Aufgrund der im EEG im Jahr 2014 reduzierten Vergütungssätze für Biomasse-Anlagen und dem politisch angestrebten Bruttozubau von 100 MW pro Jahr ist bis zum Jahr 2020 nur mit einem langsamen Wachstum der KWK-Stromerzeugung auf der Basis von Biomasse zu rechnen. Zudem steht im Bereich der Biomasse die neu installierte Leistung nicht unbedingt in Bezug zu einer erhöhten Stromerzeugung. Mit dem Anreiz des Flexibilitätsbonus wird ein deutlicher Impuls gesetzt zur Installation größerer Anlagen mit Speicherkapazität, die eine angepasste Erzeugung ermöglichen. Auch muss darauf hingewiesen werden, dass neue, nach dem EEG geförderte Biogas-Verstromungs-Anlagen nicht mehr zu einer Wärmenutzung verpflichtet sind. Dies könnte Auswirkungen auf den KWK-Anteil bei Biomasse- und Biogas-Anlagen haben. Basierend auf den Ergebnissen des Projektionsberichts 2017 [BMUB 2017] wird deshalb noch bis 2020 ein geringer Anstieg an biogener KWK-Stromerzeugung erwartet, nach 2020 sinkt sie bis zum Jahr 2025 auf das aktuelle Niveau.

Wegen der aktuellen Marktsituation mit relativ hohen Brennstoffpreisen bei gleichzeitig geringen Strom-Großhandelspreisen ist nicht von einem Zubau von Biomasse-KWK-Anlagen außerhalb der EEG-Förderung zu rechnen.

4.6.2 Ergebnisse

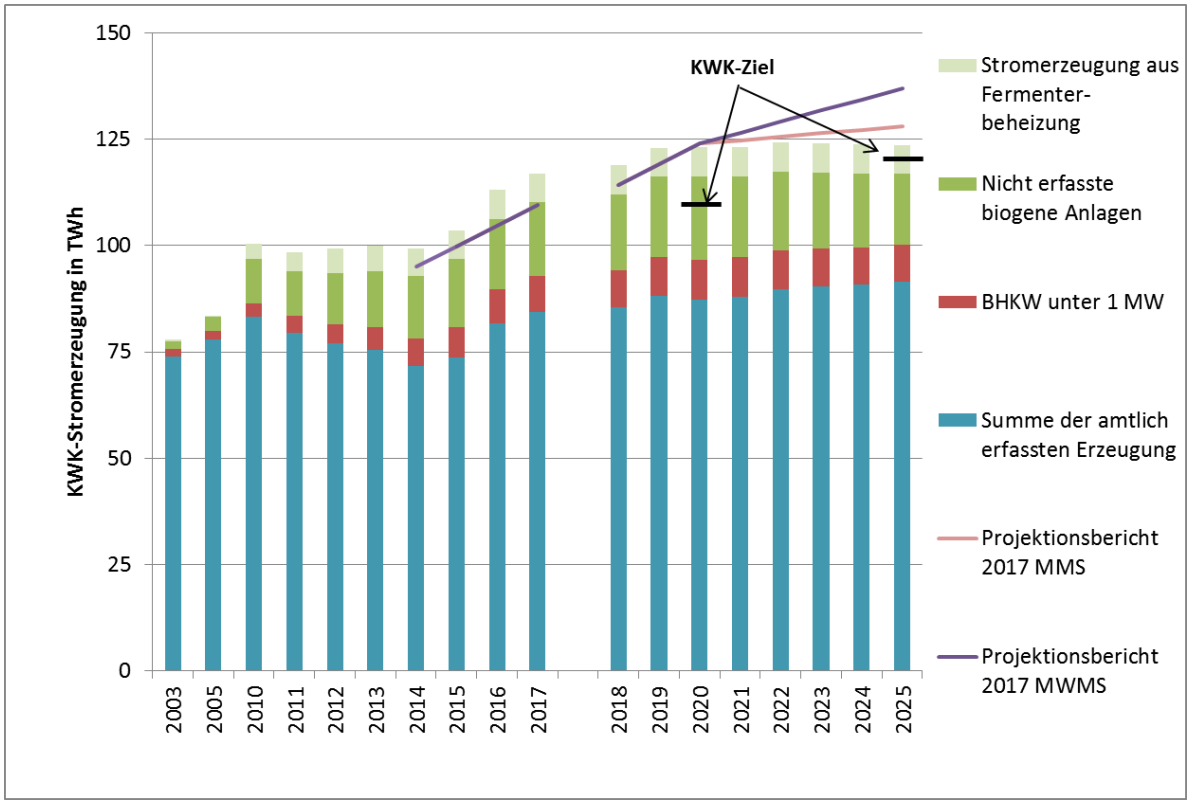
Im Ergebnis ergibt sich aus diesen Entwicklungen für die Prognose folgendes Bild: Beginnend bei der historischen KWK-Stromerzeugung des Jahres 2017 von 117 TWh (inklusive der mit der Fermenterwärmung verbundenen Stromerzeugung) steigt die KWK-Stromerzeugung bereits im Jahr 2019 bis auf 123 TWh. Das Ziel einer KWK-Stromerzeugung von 110 TWh im Jahr 2020 ist bereits im Jahr 2016 erfüllt und eine Abnahme unter diesen Schwellenwert ist derzeit eher nicht zu erwarten.

Im Jahr 2020 endet die Bestandsanlagenförderung, deren Effekt hier mit knapp 3 TWh berücksichtigt wird. Das Ende dieser Förderung gleicht in etwa den Netto-Anstieg durch den prognostizierten Zubau aus.

Durch die Fortsetzung der KWKG-Förderung über das Jahr 2022 hinaus bis zum Jahr 2025 wird das Ziel einer KWK-Stromerzeugung von 120 TWh im Jahr 2025 nach diesen Betrachtungen erreicht werden.

Laut anderen Szenarien, wie z.B. den Projektionsberichten des Öko-Instituts, wird die KWK-Strommenge (ohne die mit der Fermenterwärme verbundene Stromerzeugung) im Jahr 2025 deutlich über 120 TWh (siehe Tabelle 28) prognostiziert.

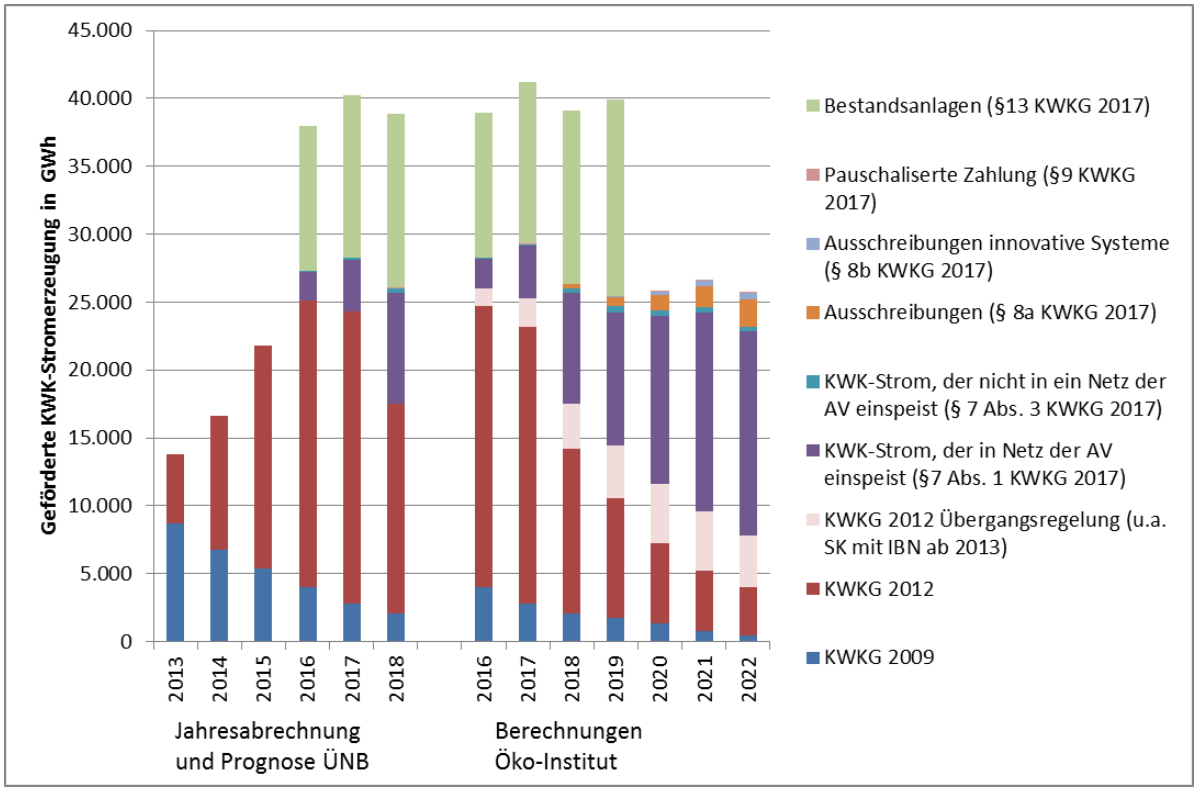
Abbildung 27: Entwicklung der KWK-Nettostromerzeugung bis 2025



Quelle: BMU 2017, Öko-Institut 2017

In Bezug auf die geförderten KWK-Strommengen ergeben sich die dargestellten Mengen. Ausgehend von den historischen Jahresabrechnungen des KWKG sowie der Prognose für das Jahr 2018 [ÜNB 2017 a und ÜNB 2018a+b] werden die oben dargestellten Überlegungen zur Fortschreibung der geförderten Strommengen genutzt. Dabei werden die Bezeichnungen der Übertragungsnetzbetreiber verwendet, ergänzt durch eine getrennte Darstellung der Übergangsregelung, die eine Förderung nach dem KWKG 2012 auch über das Jahr 2016 hinaus erlaubt. Mit dieser separaten Darstellung werden zwei Gruppen von KWK-Anlagen herausgehoben: Zum einen Gas-Anlagen, die diese Regelung wählten, da damit noch die Eigenerzeugung durch das KWKG gefördert werden konnte. Zum anderen die Steinkohle-Anlagen, die seit dem Jahr 2013 in Betrieb gegangen sind und weiterhin durch das KWKG gefördert werden. Darunter fällt auch der Kraftwerkblock Datteln 4, der über die Regelung des § 35 Abs. 5 KWKG 2017 nach der voraussichtlichen Inbetriebnahme im Jahr 2019 eine Förderung durch das KWKG erhalten wird.

Abbildung 28: Entwicklung der nach dem KWKG geförderten KWK-Stromerzeugung

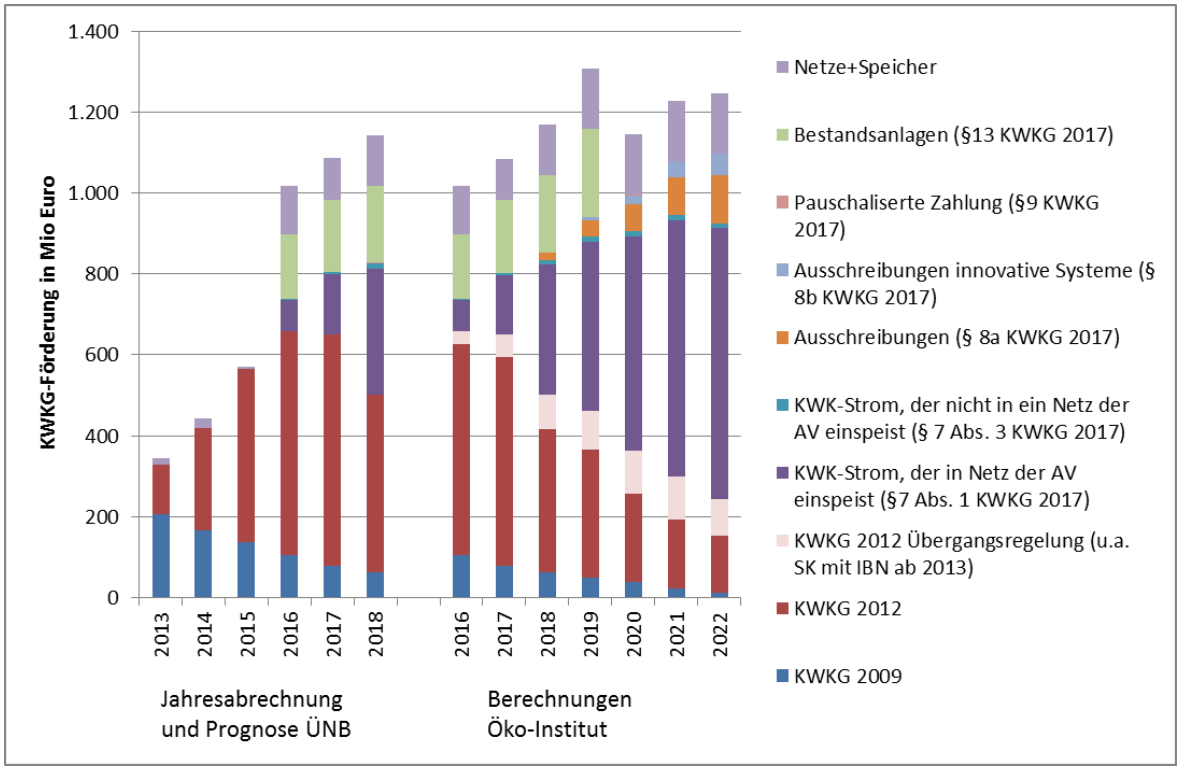


Quelle: 2013-2017: ÜNB 2014-2018 a+2018b, Öko-Institut 2019

Parallel zu der geförderten KWK-Strommenge lassen sich die zukünftigen KWKG-Fördermengen schätzen, auch wenn dieser Schätzung weitere Annahmen unterliegen, wie die Förderkosten und die jährliche Betriebszeit einzelner Anlagen. Weiterhin unklar ist ebenfalls, welche zusätzlichen Strommengen auf die Bestandsanlagenförderung entfallen, was einen entsprechenden Anstieg des Fördervolumens verursachen würde. Von den Anschlussnetzbetreibern wurde ein jährlicher Zuwachs der Bestandsanlagenförderung von antizipiert und in den Zahlen der ÜNB [2018b] dargestellt. Dieser Anstieg beruht einerseits auf dem Effekt, dass die Zahl der förderfähigen Anlagen sicher steigen wird, aber auch, dass nicht alle Anlagen gleich zu Beginn des Jahres 2016 förderfähig waren.

Nach den angestellten Betrachtungen steigt der Förderbetrag auf maximal 1.300 Mio. Euro im Jahr 2019 und sinkt anschließend durch das Ende der Bestandsanlagenförderung auf etwa 1.200 Mio. Euro.

Abbildung 29: Entwicklung der KWKG-Förderung



Quelle: 2013-2017: ÜNB 2014-2018 a+2018b, Öko-Institut 2019

5 Bewertung der Entwicklung der KWK

Zusammenfassung

- KWK hat immer dann Effizienzvorteile gegenüber ungekoppelter Erzeugung, wenn Brennstoffe zur Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden und dies durch KWK-Anlagen anstatt durch Kraftwerke und Kessel erfolgt.
- Nahezu alle Studien und Szenarien zur Entwicklung der Energiesystems von Deutschland gehen davon aus, dass der Anteil der erneuerbaren brennstofffreien Energien am Strom- und Wärmemarkt steigen wird und damit das potenzielle Einsatzfeld der fossil befeuerten KWK im Vergleich zum heutigen KWK-Potenzial kleiner wird. Für den Zeitraum bis 2030 prognostizieren verschiedenen Studien aber noch einen möglichen Anstieg der Nutzung von KWK-Anlagen.
- Kurz- bis mittelfristig sollten aus Klimaschutzgründen bestehenden Kohle-Kraftwerke und Kohle-Heizkraftwerke ersetzt werden. Der Neubau gasbetriebener KWK-Anlagen kann neben anderen Optionen dazu beitragen, die Strom- und Wärmeerzeugung der stillzulegenden Anlagen zu ersetzen.
- Wesentliche Voraussetzung für die zukünftige Nutzung von KWK in einem stärker von fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energien geprägten System ist die weitere Flexibilisierung des Betriebs von KWK-Anlagen
- Nach 2030 wird das Nutzungspotenzial der KWK sehr wahrscheinlich sinken.
- KWK-Anlagen werden zunehmend im Verbund mit weiteren Wärmeerzeugern wie erneuerbaren Energien, Abwärme, Kesseln und Speichern die Wärmeversorgung von einzelnen Objekten, Unternehmen und Wärmenetzen sicherstellen.
- Um einen höheren Anteil von erneuerbaren Energien und Abwärme in den Wärmesystemen nutzen zu können, müssen diese in vielen Fällen umgebaut und angepasst werden.

5.1 Zukünftige Rolle der KWK

Die zukünftige Rolle der KWK hängt von der Entwicklung des Strom- und des Wärmesektors ab. Entscheidend ist, wie das Energiesystem langfristig, d.h. in 2050 aussieht, wenn die Klimaziele der Bundesregierung von 80 bis 95 Prozent reduzierten Treibhausgasemissionen erfüllt sind. Hieraus lassen sich dann Konsequenzen für die mittelfristige Rolle der KWK ableiten.

KWK-Anlagen stellen effizient Strom und Wärme bereit. Die Erzeugung erfolgt überwiegend auf der Basis von fossilen Brennstoffen. Die Rolle der KWK im zukünftigen Energiesystem wird im Wesentlichen von der Bedeutung brennstoffbasierter Stromerzeugung und der Möglichkeit einer Flexibilisierung der gekoppelten Erzeugung abhängen.

KWK weist immer dann Effizienzvorteile gegenüber ungekoppelter Erzeugung in Kraftwerken und Kesseln auf, wenn Brennstoffe zur Strom- und Wärmeversorgung eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für den Einsatz von fossilen als auch erneuerbarer Brennstoffen.

5.1.1 Mittelfristige Perspektive der KWK

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung wird bis zum Jahr 2030 deutlich steigen. Entsprechend dem aktuellen Koalitionsvertrag soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 auf 65 % gesteigert werden. Bis 2030 wird zudem die Stromerzeugung aus Kohle deutlich abnehmen. Entsprechend den Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ soll die installierte Leistung der Kohlekraftwerke bis 2030 auf 15 GW sinken. Neben der Wärmenachfrage wird die Höhe und Struktur der Stromerzeugung in Deutschland maßgeblich das mögliche Einsatzfeld von KWK bestimmen. Die folgende Tabelle zeigt für zwei Szenarien die Stromerzeugung im Jahr 2030 und die sich in den Szenarien ergebende KWK-Stromerzeugung. Beide Szenarien weisen einen Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von 65 % und gehen von einem deutlichen (durch zusätzliche Maßnahmen ausgelösten) Rückgang der Kohleverstromung aus und erreichen damit das im Klimaschutzplan für die Energiewirtschaft festlegte Sektorziel für 2030.

Tabelle 35: Mögliche Struktur der Fernwärmeerzeugung im Jahr 2030

TWh	Öko-Institut – Folgen-abschätzung KSP Szenario ZP A	Prognos – eigene Szenarien-berechnung (noch nicht veröffentlicht)
Netto-Stromerzeugung	551	593
Braunkohle	61	52
Steinkohle	39	34
Erdgas	81	102
Sonstige (inkl. Müll)	18	21
Windenergie	206	248
PV	85	80
Biomasse	35	40
Geothermie	4	2
Wasserkraft	20	20
Pumpspeicher	2	4
Regelbare Stromerzeugung (alle Posten ohne Wind und PV)	260	275
KWK-Stromerzeugung*	107	120
Anteil KWK an regelbarer Stromerzeugung	41%	44%
*inkl. KWK-Stromerzeugung durch Fermenterbeheizung		

Quelle: Öko-Institut, Prognos 2019

Die KWK-Nettostromerzeugung liegt 2030 entsprechend den Szenarien bei 107 bzw. 120 TWh. In beiden Szenarien wurde der weitere Ausbau und die Modernisierung von KWK-Anlagen unterstellt. Eine Ableitung eines möglichen KWK-Ziels für 2030 kann auf Basis dieser Ergebnisse erfolgen. Eine Auswertung von weiteren, heute noch nicht veröffentlichten Szenarien ist sinnvoll. Neben der absoluten Höhe der Nettostromerzeugung hängt das KWK-Stromerzeugungspotenzial auch stark von der Höhe der Kondensationsstromerzeugung der Kraftwerke ab.

5.1.2 Langfristige Perspektive der KWK

Nahezu alle Studien und Szenarien zur Entwicklung der Energiesystems von Deutschland gehen davon aus, dass der Anteil der erneuerbaren brennstofffreien Energien am Strom- und Wärmemarkt in Zukunft steigen wird. Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird dabei zum größten Teil durch Wind und Photovoltaik im Strommarkt sowie die Nutzung von Solarthermie, Wärmepumpen, Abwärme und Tiefen-Geothermie im Wärmemarkt erfolgen. Eine

KWK-Nutzung ist bei diesen Technologien mit Ausnahme der Tiefen-Geothermie prinzipbedingt nicht möglich.

In einem weitgehend oder vollständig CO_2-freien Energiesystem gibt es noch folgende Nutzungsoptionen für gekoppelte Erzeugung:

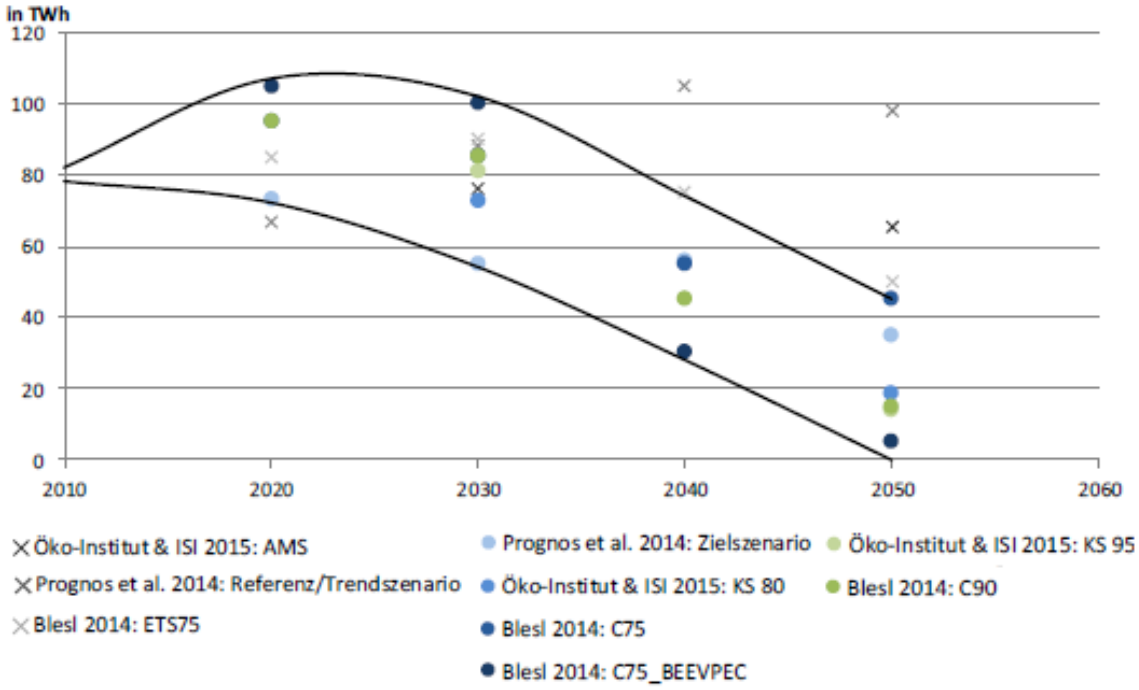
- Erzeugung auf Basis biogener Brennstoffe
- Erzeugung auf Basis CO_2-freier synthetischer Brennstoffe
- Fossile Brennstoffe/ fossiler Abfall in Kombination mit CCS
- Tiefe Geothermie

Diese vier Optionen sind jeweils in ihrer Nutzungsmöglichkeit begrenzt, aus Gründen des begrenzten Potenzials (Biomasse, Geothermie, heimische synthetische Brennstoffe), der Akzeptanz (CCS) oder der voraussichtlichen Kosten (importierte synthetische Brennstoffe).

Studien wie die Langfristszenarien (ISI 2017) oder die Klimapfade für Deutschland (Prognos, BCG 2018) kommen zu dem Ergebnis, dass aus Kostengründen in einem weitgehend treibhausgasneutralen Energiesystem nur vergleichsweise geringe Mengen an synthetischen Brennstoffen zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden.

Auch vor diesem Hintergrund sinkt in vielen Energiesystemstudien langfristig die gekoppelte Erzeugung. Die folgende Abbildung zeigt dies, wobei die Bandbreite der KWK-Erzeugung, insbesondere langfristig, groß ist. Aus heutiger Sicht liegt die größte Unsicherheit hinsichtlich der zukünftigen Rolle von KWK in der weltweiten Entwicklung von PtG-Anwendungen sowie der Akzeptanz von CCS in Deutschland.

Abbildung 30: Entwicklung der fossilen KWK-Stromerzeugung in verschiedenen Studien



Quelle: ISI 2017

Welche Rolle KWK mittel- und langfristig im Energiesystem einnehmen kann, wird auch von der Möglichkeit abhängen, KWK zu flexibilisieren. Eine möglichst flexible und damit systemdienliche gekoppelte Erzeugung zu erreichen ist zentral, um eine Verdrängung der Strom- und Wärmeerzeugung von Erneuerbaren Energien zu vermeiden. Dazu müssen zum einen die KWK-Anlagen selbst flexibilisiert werden, aber auch eine entsprechende Anpassung des umgebenden Systems ist erforderlich.

Bei den KWK-Anlagen wie auch bei Kraftwerken geht es darum, möglichst gut auf Anforderungen des Stromsystems reagieren zu können. Elemente hierfür stellen z. B. schnelle Lastwechsel, geringe Mindestlasten und kurze Anfahrzeiten dar.

Durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme ist eine KWK-Erzeugung von Natur aus schwieriger mit dem Energiesystem optimal abzustimmen als eine separate Strom- und Wärmeerzeugung. Eine möglichst flexible und effiziente (gekoppelte) Fahrweise der KWK-Anlagen kann durch das umgebende System erreicht werden. Dazu gehören insbesondere Wärmenetze und -speicher, alternative Wärmeerzeuger (Kessel und Erneuerbare Energien) und die Option, die Wärmenachfrage zu flexibilisieren. Diese mit der Wärme verbundenen Optionen müssen jeweils regional umgesetzt werden.

Unabhängig von den allgemein für die KWK skizzierten Rahmenbedingungen gibt es für die einzelnen Bereiche, in denen KWK heute zum Einsatz kommt, unterschiedliche Zukunftsbilder.

5.1.3 KWK im Bereich der Öffentlichen Versorgung

Der größte Teil der KWK-Erzeugung in Deutschland entfällt auf Heizkraftwerke der Öffentlichen Versorgung. Diese speisen ihre Wärmeerzeugung zum größten Teil in öffentliche Fernwärmenetze ein. Viele der in der Folge angeführten Aspekte lassen sich jedoch im Wesentlichen auch auf Nahwärmenetze übertragen.

Fernwärmesysteme sind für die Wärmewende voraussichtlich von zentraler Bedeutung, da mit ihrer Hilfe erneuerbar- bzw. CO_2-frei erzeugte Wärme in verdichtete urbane Gebiete geliefert werden kann. Damit können prinzipiell auch Gebiete versorgt werden, in denen eine Wärmeversorgung durch dezentrale erneuerbare Energien nur schwer möglich ist. Dies gilt insbesondere dort, wo die realistisch erreichbaren, maximalen Anteile dezentraler Lösungen begrenzt sind (bspw. für Biomasse-Anlagen durch Verfügbarkeit des Brennstoffes oder den erforderlichen Transportaufwand durch LKW in Innenstädte).

Durch Wärmenetze können alle verfügbaren erneuerbaren Energien direkt oder indirekt für die Wärmeerzeugung genutzt werden. Neben auch dezentral zur Verfügung stehenden Optionen wie Solarthermie, Wärmepumpen und z.T. Biomassen steht als Erzeugungsoptionen für die Fernwärme auch die Tiefengeothermie zur Verfügung. Ebenso können die für die Erreichung der Klimaziele unverzichtbaren Potenziale der Müllverbrennungsanlagen sowie industrieller Abwärme nur durch Wärmenetze genutzt werden. Sofern CCS in Deutschland in Kraftwerksanlagen zum Einsatz kommt, wird dies auch nur in größeren Anlagen stattfinden, deren Wärmeerzeugung über Netze zum Verbraucher transportiert werden muss. Angesichts der enormen Herausforderungen, die mit dem erforderlichen CO_2-Reduktionspfad verbunden sind und die absehbaren alle sinnvollen Beiträge erfordern, erscheint es sinnvoll, auf diese Versorgungsoptionen nicht vorschnell zu verzichten und geeignete Rahmenbedingungen für einen Wärmenetzausbau und deren Modernisierung sicherzustellen.

Kurz- und mittelfristig besteht durch den Ersatz von kohlegefeuerten KWK-Anlagen durch neue erdgasbetriebene KWK-Anlagen zudem noch ein erhebliches CO_2-Einsparpotenzial. Der Neubau und die Modernisierung von Erdgas-KWK-Anlagen trägt auch zum Erhalt und Ausbau der Fernwärmenetze bei, da so die Wärmeerzeugung wirtschaftlicher und CO_2-ärmer als mit bestehenden Kohle-Anlagen oder reinen Gaskesseln erfolgen kann.

Um die angestrebten Klimaschutzziele zu erreichen, muss auch die Fernwärmeerzeugung schrittweise CO_2-ärmer und langfristig CO_2-frei erfolgen. Welche Erzeugungsoptionen mit welchen Anteilen dafür genutzt werden, ist noch offen und wird regional

unterschiedlich zu beantworten sein. Im Gegensatz zur heutigen fast vollständig auf Brennstoffen basierten Erzeugung ist die Nutzung von alternativen Wärmequellen aus verschiedenen Gründen schwieriger.

Bei einzelnen Optionen wie Wärmepumpen, Tiefengeothermie und auch Abwärme spielt das Temperaturniveau der Wärmeabgabe hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und der nutzbaren Potenziale eine große Rolle. Je niedriger das notwendige Temperaturniveau der Wärmeeinspeisung ist, desto besser können diese Optionen genutzt werden.

Solare Wärmeerzeugung tritt fluktuierend auf und konzentriert sich auf die Sommermonate und fällt damit entgegengesetzt zum saisonalen Wärmebedarf an. Die Nutzung ist damit auf gewisse Anteile begrenzt bzw. erfordert eine längerfristige Speicherung. Große Solarthermie-Anlagen weisen im Vergleich zu einer Vielzahl von Einzelanlagen dabei den Vorteil auf, dass die Kollektorfläche wesentlich preisgünstiger ist und sich die Wärme in Großspeichern deutlich kostengünstiger und mit geringeren Verlusten über lange Zeiträume speichern lässt.

Neben der weiteren Senkung der Temperaturniveaus der Wärmenetze wird es bei Um- und Ausbau der Wärmenetze auch verstärkt darum gehen, neue Erzeugungsquellen anzuschließen. Im Vergleich zu heute wird sich in vielen Netzen deshalb die Anzahl der Einspeisepunkte in Zukunft erhöhen, da nur noch selten Netze von wenigen zentralen Punkten versorgt werden können bzw. die Erzeugungsleistungen bei Anlagen zur Nutzung der erneuerbaren Energien im Mittel kleiner sein werden als bei der fossilen KWK.

Weitere Vorteile von Versorgungsoptionen über Wärmenetze zeigen sich insbesondere beim Vergleich mit der KWK in dezentralen Heizungssystemen. Durch eine Änderung (Dekarbonisierung) der Fernwärmeeinspeisung kann die Wärmeversorgung von größeren Versorgungsgebieten mit sehr vielen Versorgungsobjekten direkt beeinflusst werden. Dies ist bei der Verfolgung von städtischen Klimaschutzzielen von erheblicher Bedeutung. Alternativ müsste bei einer Objektversorgung eine sehr große Zahl an Akteuren dazu motiviert werden, bestimmte Ersatzmaßnahmen durchzuführen, d. h. die Wirkung liegt somit nicht im eigenen Handeln des Energieversorgers (der Stadtwerke). Zeigen Förderprogramme nicht die gewünschte Wirkung, so wären zur Zielerreichung ordnungsrechtliche Maßnahmen erforderlich.

Mit einer auf Wärmenetzen basierenden Versorgung verbunden ist die Option zur hybriden Wärmeerzeugung, was einen sukzessiven Wechsel beim Energieträgermix ermöglicht. Bei Objektversorgungen wird es im Regelfall immer nur eine zentrale Wärmeerzeugungsanlage geben (ggf. mit kleinen Bereitstellungsanteilen durch Solarthermie), die im Regelfall nach Ablauf der technisch-wirtschaftlichen Lebensdauer durch eine andere Anlage ersetzt wird.

Tabelle 36 zeigt, wie eine mögliche Erzeugungsstruktur für Fernwärme im Jahr 2050 bei einer 80%ige Reduktion der Treibhausgase (BDEW, Prognos/ BCG 80% Pfad) und einer 95%igen Reduktion (Prognos/ BCG 95% Pfad) aussehen könnte. Gemäß diesen Untersuchungen wird die Erzeugungsstruktur der Fernwärmewärme langfristig auf sehr vielen verschiedenen, zum größten Teil brennstofflosen Optionen bestehen.

Tabelle 36: Mögliche Struktur der Fernwärmeerzeugung im Jahr 2050

		BDEW	Prognos/ BCG	
			80% Pfad	95% Pfad
Fernwärmeerzeugung gesamt (TWh)	TWh	125	150	163
Abwärme	%	16	11	10
Strom	%	31,2	35	44
davon Power-to-Heat	*%*	*16*		
davon Wärmepumpen	*%*	*15,2*		
Abfall	%	12	3	3
Geothermie	%	8	8	7
Solarthermie	%	4,8	13	12
Gas KWK	%	20	17	14
davon Erdgas	*%*	*12*	17	0
davon Power-to-Gas	*%*	*8*	0	*14*
Biomasse	%	8	13	9

Quelle: BDEW 2017; Prognos/BCG 2017

Eine zentrale Voraussetzung für den Erhalt und den Ausbau von Wärmenetzen sind Mindestwärmedichten sowie ein ausreichend hoher Anschlussgrad. Die für die Objekt-KWK besonders geeigneten Objekte (Nichtwohngebäude wie Krankenhäuser, Schwimmbäder, Wohnheime u. ä., aber auch große Mehrfamilienhäuser) sind ebenso bei Nah- und Fernwärmenetzen die wirtschaftlich lukrativsten Abnehmer. In der Praxis bilden solche „Ankerkunden“ regelmäßig die Grundlage für einen Ausbau von Fernwärme-Bestandsnetzen bzw. können auch als „Keimzellen“ für ein neues Nahwärmenetz dienen. Das Fernwärme-Verdrängungsverbot schützt aus diesem Grund solche Objekte vor dem „Herauslösen“ aus bestehenden (KWK-)Fernwärmelösungen.

Die Beantwortung der Frage, wie genau eine sinnvolle Abgrenzung von Fernwärme- und Objekt-KWK aussehen soll bzw. welche Lösung wirtschaftlicher ist, lässt sich nicht pauschal anhand von bezifferbaren Mindestwärmedichten beantworten; zu groß ist die Abhängigkeit vom Anschlussgrad und den darauf wirkenden Rahmenbedingungen sowie die Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Alternativen – nicht nur der Objekt-KWK, sondern

insbesondere auch von Gasheizungen und zunehmend von Wärmepumpen.

Sicher ist, dass die Objektlösung immer dort angezeigt ist, wo die Wärmedichten so gering sind, dass ein wirtschaftlicher Netzbetrieb nicht gegeben ist. Das liegt nicht nur an den hohen Investitionskosten in das Wärmenetz, sondern auch an den deutlich steigenden Netzverlusten in solchen Siedlungsstrukturen. Angesichts der Struktur der deutschen Städte und Gemeinden (siehe Kapitel 5.1.3) wird auch langfristig in Deutschland eine überwiegende Objektversorgung bestehen.

5.1.4 Industrie-KWK

Neben der Öffentlichen Versorgung ist die Industrie heute größter Anwender von KWK. Gut 30% der gesamten KWK-Stromerzeugung und 40% der KWK-Wärmeerzeugung wurden im Jahr 2016 von KWK-Anlagen im Bereich der Industrie erzeugt. Zu berücksichtigen ist dabei, dass wie in Abschnitt 4.1.3 dargestellt, zahlreiche KWK-Anlagen, die Industriebetriebe versorgen, zu den Anlagen der öffentlichen Versorgung berichtet werden, da sie von Contractoren betrieben werden. Eine eindeutige Unterteilung ist deshalb nicht möglich.

Im Gegensatz zur KWK-Erzeugung in der Objektversorgung und insbesondere der Öffentlichen Versorgung wird ein großer Teil des erzeugten Stroms in den Betrieben selbst genutzt und nur ein kleiner Anteil in öffentliche oder geschlossene Verteilernetze eingespeist. Der Anteil des selbst genutzten Stroms liegt heute bei über 80% (siehe Tabelle 29).

In der Industrie wird im Vergleich zum Gebäudebereich und vielen gewerblichen Betrieben der größte Teil des Wärmebedarfs auf höheren Temperaturniveaus benötigt. Etwa 20% des industriellen Wärmebedarfs entfallen auf Anwendungen unter 100°C und rund 23% auf den Temperaturbereich von 100 bis 500°C [eigene Berechnungen auf Basis von Wagner und Anwendungsbilanzen].

Damit entfällt knapp die Hälfte des heutigen Wärmebedarfs der Industrie auf Temperaturen bis 500°C, die potenziell durch KWK-Anlagen erzeugt werden können.

Aufgrund der hohen in der Industrie benötigten Temperaturen stehen im industriellen Bereich weniger Technologien zur alternativen Wärmeversorgung als in den anderen Verbrauchssektoren zur Verfügung. So ist der mögliche Einsatz von Solarthermie, Wärmepumpen und Geothermie auf relativ wenige Prozesswärme-Anwendungen im Temperaturbereich bis etwa 100°C beschränkt.

Zur Erzeugung von höheren Temperaturen werden voraussichtlich auch zukünftig vorwiegend fossile oder biogene Brennstoffe oder die direkte Nutzung von Strom zur Wärmeerzeugung benötigt.

Wenn ohnehin Brennstoffe zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden, kann die Nutzung von KWK-Anlagen und die gleichzeitige Erzeugung von Strom auch langfristig aus Effizienzgründen sinnvoll sein. Dies gilt nur, wenn sonst alternativ Strom in ungekoppelten Kraftwerken produziert werden würde.

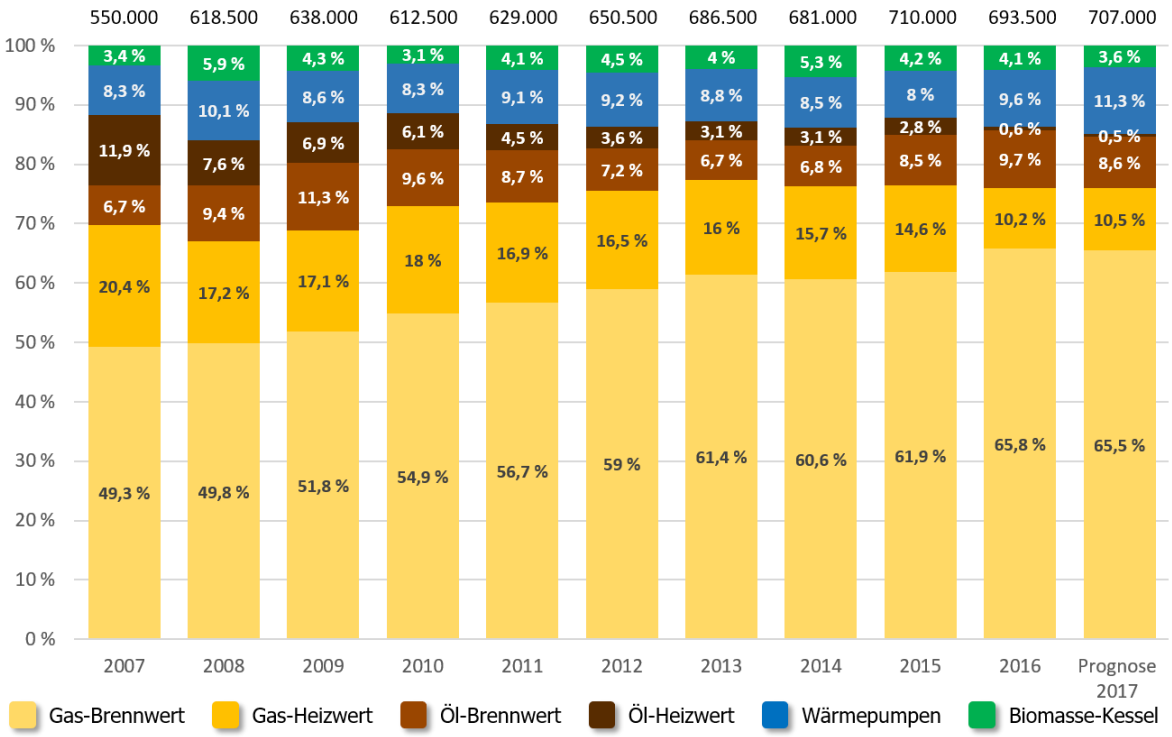
Wie in allen KWK-Bereichen ist auch in der Industrie zukünftig ein flexiblerer, auf das gesamte Energiesystem ausgerichteter Anlagenbetrieb notwendig. Dabei spielt besonders im Industriebereich zunehmend auch die Flexibilisierung der Wärmenachfrage als Element der Systemdienlichkeit von KWK-Anlagen eine Rolle. Wegen der Signifikanz der einzelnen Wärmeabnahmen kann durch den Einbau von Regelungstechnik und Speichersystemen eine wichtige Anpassung an das restliche Energiesystem umgesetzt werden. Entsprechende ökonomische Anreize fehlen dafür noch und sollten dafür in Zukunft vorgesehen werden.

5.1.5 Dezentrale Wärmeversorgung mit KWK (Objektversorgung)

Als dezentrale Wärmeversorgung wird die Versorgung einzelner Objekte bezeichnet, aber auch kleine Nahwärmenetze und Quartiersversorgungen. Sie unterscheidet sich hinsichtlich zentraler Kennzahlen wie Größenordnungen der eingesetzten Anlagen und spezifischen Kosten meist erheblich von der traditionellen Fernwärme. Allerdings beinhaltet eine wärmenetzgebundene Versorgung mit KWK viele Eigenschaften der Fernwärme-KWK. Die Anlagen weisen meist deutlich kleinere Leistungen mit spezifisch deutlich höheren Investitionskosten auf – dies gilt für alle Wärmeversorgungstechnologien auf Ebene der dezentralen Wärmeversorgung. Diese umfasst die Versorgung von Wohngebäuden von Einfamilienhaus bis hin zu großen Mehrfamilienhäusern sowie gewerblich genutzten Immobilien unterschiedlichster Größenordnung.

Als aktuelle Referenztechnologie in der Objektversorgung kann mit Blick auf die Wärmeerzeuger-Absatzzahlen (Abbildung 31) mit einem Anteil von etwa 66% der Erdgas-Brennwertkessel (brennwertfähige Erdgas-Heizkessel) angesehen werden. Insgesamt wiesen fossil befeuerte Kessel in den letzten Jahren einen stabilen Marktanteil in Höhe von 85% bis 90% auf. Nennenswerte Marktanteile mit knapp etwa 4% bzw. 9% haben Biomassekessel und Wärmepumpen. Dabei ist zu beachten, dass Wärmepumpen nahezu ausschließlich in Neubauten sowie ggf. gut gedämmten Bestandsbauten eingesetzt werden, da insbesondere hier die für eine gute Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Anlagen tieferen Heizkreistemperaturen vorhanden sind. Daher stellt sich für Objektversorgung - insbesondere jenen mit geringer Energieeffizienz oder hohen Temperaturanforderungen – die Frage nach der Verfügbarkeit von CO_2-sparenden Wärmeerzeugungstechnologien.

Abbildung 31: Marktentwicklung Wärmeerzeuger im Zeitraum 2006 bis 2017



Quelle: BDH | Grafik: BHKW-Infozentrum

Folgende Aspekte sprechen für und gegen den Einsatz von KWK-Anlagen in der Objektversorgung:

- Der Einsatz von erneuerbaren Energien oder der Anschluss an Wärmenetze z. B. in Gebieten mit sehr geringer Wärmedichte ist in vielen Fällen über die Lebensdauer neu errichteter KWK-Anlagen von etwa 15 Jahren nicht zu erwarten. Insofern spart die dezentrale KWK im Vergleich zur aktuellen Referenztechnologie CO_2 ein, kann aber ggf. den Einsatz erneuerbarer Energien und damit noch höhere CO_2-Einsparungen verhindern. Gegenüber fossil betriebenen Heizkesseln, die üblicher Weise Nutzungsdauern von 20-30 Jahren aufweisen, fällt der Lock-In-Effekt deutlich schwächer aus.
- Im Gegensatz zu Hochtemperaturwärmepumpen sind KWK-Anlagen bereits heute marktverfügbar und technologisch ausgereift (Abschnitt 4.2.8). Mittelfristig könnte fossil betriebene KWK-Technik aber von Wärmepumpen abgelöst werden. Voraussetzung hierfür ist die Marktverfügbarkeit großer Wärmepumpen, Effizienzsteigerungen im hohen Temperaturbereich sowie die Absenkung der Vorlauftemperaturen und damit die Dämmung der Gebäude. Solange dies nicht erreicht wird, kann die Objekt-KWK den brennwertfähigen Erdgas-Heizkessel als aktuelle Referenztechnologie der Objektversorgung zumindest in Teilen verdrängen und sofort CO_2 einsparen.

- Die KWK-Technologie ist für Bestandsgebäude und bei Notwendigkeit hoher Vorlauftemperaturen (z.B. Dampf im Krankenhaus, Warmwasserbereitung) nach Biomasse die regelbare Wärmetechnologie mit dem geringsten THG-Emissionsfaktor. Dies gilt, in Abhängigkeit von der Entwicklung des Strom-Emissionsfaktors, bis über das Jahr 2030 hinaus (Abschnitt 4.2.8).
- KWK kann sich gut an die Stromlastsituation im Netz anpassen und systemdienlich betrieben werden. Auch das Zusammenspiel mit fluktuierender Wärmeeinspeisung aus erneuerbaren Energien ist technisch möglich. Bislang fehlen hier aber ökonomische oder regulatorische Anreize (Abschnitt 4.5.1).

Mit den technischen und wirtschaftlichen Aspekten der Flexibilisierung u.a. von Objekt-KWK beschäftigt sich im Moment das BMWi im Rahmen seiner Forschungsförderung im Bereich Gebäude und Quartiere unter anderem die Entwicklung sogenannter „netzreaktiver Gebäude“. Kernidee ist, Gebäude und Quartiere als regelbare Last agieren zu lassen - als Stromspeicher oder als dezentrale Erzeuger. Durch die gezielte Veränderung des zeitlichen Strombezugs- und Einspeiseprofils sollen netzreaktive Gebäude Lastglättung und Lastverschiebung ermöglichen. Möglich wird dies durch die thermische Speicherkapazität von Warm- und Kaltwasserspeichern sowie der Gebäudemasse selbst. Das Konzept sieht explizit den Einsatz von Wärmepumpen, Kältemaschinen und dezentralen Blockheizkraftwerke vor.

Die bisherigen Erkenntnisse lassen erwarten, dass sich systemdienliches Verhalten technisch umsetzen lässt. Zu klären ist jedoch noch, wie gewährleistet werden kann, dass „netzreaktive Gebäude“ diese Fähigkeiten in der Realität auch tatsächlich nutzen. Bei z.B. Wärmepumpen ist es über die Ausgestaltung der Strombezugsverträge mögliche Signale aus dem Energiesystem weiterzugeben und damit die Fahrweise zu beeinflussen. Dies kann, wie heute bereits über die temporäre Abschaltung oder über Tarife mit dynamischen Preisen erfolgen.

Bei KWK-Anlagen besteht eine Kopplung mit dem Stromsystem über die Einspeisung von Strom ins öffentliche Netz. Seit der KWKG Novelle 2015 müssen Neuanlagen ab einer Leistung von 100 kW ihren eingespeisten Strom direkt vermarkten. Die Erlöse werden damit von den Großhandelspreisen mit bestimmt. Stromerzeugung hingegen, die selbst genutzt wird, hat im Regelfall in jeder Stunde des Jahres den gleichen Wert. Da der damit vermiedene Strombezug aus dem Netz bei den meisten Stromkunden keine Preisstruktur aufweist.

Auch das KWKG setzt in seiner aktuellen Form keine deutlichen Anreize zum systemdienlichen Verhalten für KWK-Anlagen. Die KWK-Zuschläge sind unabhängig von Strompreisen im Großhandel und Anlagen bis 100 kWel erhalten für ihren eingespeisten Strom den marktüblichen Preis, der jeweils für ein Quartal gleich hoch ist. Lediglich zu Zeiten negativer Strompreise werden keine KWK-Zuschläge gewährt.

Mittelfristig könnte eine netzdienlichere Fahrweise von Eigenerzeugungs-KWK-Anlagen durch die Einführung von dynamischen Stromtarifen für alle Stromkunden erreicht werden oder indem die KWK-Förderung an ein Einspeisung des erzeugten Strom gekoppelt wird. Zwingend erforderlich hierfür ist aber eine geeignete Digitalisierung der Energiewirtschaft. Hierzu gehören ein weitgehender Rollout intelligenter Messsysteme sowie das Vorhandensein geeigneter Dienstleistungs-Strukturen. Die zukünftige Realisierung des Liegenschaftsmodell nach § 6 MsbG könnte ab voraussichtlich dem Jahr 2021 dazu beitragen, dass sich die Rahmenbedingungen für eine Digitalisierung der Energiewirtschaft verbessern.

5.2 Abgleich der Prognose und zukünftige Rolle der KWK

Gemäß der Prognose aus Kapitel 4 steigt die KWK-Stromerzeugung im Vergleich zu 2017 bis 2025 um etwa 6 TWh an. Der Anstieg resultiert aus einer steigenden Erzeugung von KWK-Anlagen der Öffentlichen Versorgung und der Industrie. Die KWK-Stromerzeugung von biogenen KWK-Anlagen bleibt gemäß den getroffenen Annahmen in etwa konstant. Im Segment der KWK-Anlagen unter 1 MW wird mit einem leichten Rückgang der Stromerzeugung gerechnet, da in den nächsten Jahren relativ viele bestehende Anlagen aus Altersgründen stillgelegt werden und der angenommenen Zubau von neuen Anlagen die Stilllegungen nicht vollständig kompensieren wird.

Die erwartete Entwicklung der KWK in den nächsten Jahren steht in keinem Widerspruch zum Zielbild der zukünftigen Rolle der KWK. Ein KWK-Zubau ist in den nächsten Jahren sinnvoll. So kann der Ausbau und Erhalt der Fernwärmenetze ermöglicht und der KWK-Anlagenpark modernisiert werden. Insbesondere der Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen durch Gas-KWK-Anlagen ist aus Klimaschutzgründen notwendig, denn er unterstützt die kurzfristige Senkung der CO_2-Emissionen. Auch im Bereich der industriellen KWK ist ein weiterer Neubau zum Erhalt des Bestandes in den nächsten Jahren sinnvoll, denn die Deckung des Wärmebedarfs in diesem Bereich wird auch noch langfristig auf regelbare Wärmeerzeugung nicht verzichten können. Diese kann derzeit nur mit fossilen oder biogenen Brennstoffen oder elektrischer Direktheizung erfolgen.

Der Bereich der Objekt-KWK ist differenziert zu betrachten. Gerade kleine Anlagen unter 10 kW stehen in direkter Konkurrenz zum Einsatz Erneuerbarer Energien im Wärmebereich. Deshalb sollte ihr staatlich geförderter Ausbau nur im Zusammenhang mit dem ergänzenden Betrieb von EE-Anlagen geplant und umgesetzt werden. Anlagen der Objekt-KWK stehen oftmals auch in Konkurrenz zum Anschluss an ein Wärmenetz. Der verstärkte Anschluss von Objekten an Wärmenetze ist jedoch gerade in Innenstadtbereichen zentral, um die Ziele der Energiewende im Wärmesektor zu erfüllen. Der Ausschluss der Fernwärmeverdrängung als

KWKG-Förderkriterium ist deshalb unbedingt ernsthaft zu sichern. Für Wärmenachfragen, die nicht durch Erneuerbare Energien zu decken und nicht durch den Anschluss an Wärmenetze zu sichern ist, bleibt die Objekt-KWK eine geeignete Option über ihre Lebensdauer zur Energieeinsparung.

Im Abgleich mit dem Zielbild einer stark dekarbonisiertem Strom- und Wärmeerzeugung ergeben sich allerdings Abweichungen. Im Rahmen dieser Studie wurden die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Wärmenetzen sowie der Ausbau und die Modernisierung von Wärmenetzen nicht explizit prognostiziert. Werden die langsame Entwicklung in diesen Bereichen, der hohe Investitionsaufwand, die Investitionskosten, die aktuelle wirtschaftliche Situation, aber auch die unklare Umsetzung der Klimaziele berücksichtigt, ist ohne weitere Maßnahmen und begleitende Leitstrukturen auch in den nächsten Jahren zu wenig Dynamik zu erwarten.

Mit dem neu aufgesetzten Förderprogrammen Wärmenetze 4.0 und den neuen Ausschreibungen für innovative KWK-Systeme wurden erste Schritte für den Ausbau von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmenetze und zur Transformation der Wärmenetze getätigt. Die Reichweite dieser Instrumente ist jedoch begrenzt. Für eine genügend schnelle Dekarbonisierung der Wärmenetze und den weiteren Ausbau der Netze sind weitere Maßnahmen notwendig.

6 Bewertung der KWK-Förderung

Die bestehenden Förderinstrumente mit der Förderung von KWK-Strom über die Instrumente Fixe Marktprämien / Ausschreibungen sind aus heutiger Perspektive die geeigneten Instrumente, um die derzeitigen Ziele des KWKG zu erreichen. Dies gilt für Ausschreibungen unter der Bedingung, dass ein ausreichender Wettbewerb gegeben ist und das geförderte Volumen ausreichende Erfolgschancen für Investoren bietet. Während die Ausschreibungen über die wettbewerbliche Vergabe der Förderung eine sehr kosteneffiziente Förderung erbringt, bieten feste Marktprämien Vorteile hinsichtlich der Integration einzelner, systemdienlicher Förderbedingungen. Diese Instrumente sind auch kurz- bis mittelfristig zur Förderung und Transformation des KWK-Marktes geeignet, allerdings ausdrücklich nur dann, wenn sich das Förderziel nicht grundlegend ändert. Sollte sich die Fördergrundsätze im KWKG ändern, müsste die Bewertung neu erfolgen.

6.1 Hintergrund und Ziel der Bewertung

Für die Europäische Kommission wurde ein Evaluierungsplan für das KWKG erstellt. In diesem wird auf die geplanten Evaluierungen nach dem KWKG §34 in den Jahren 2017 und 2021 verwiesen. Der Plan erfordert unter anderem einen Vergleich der bisherigen KWK-Förderung mit alternativen Instrumenten. Im Detail soll der Vergleich darlegen,

- ob die Zuschlagssätze der fixen Marktprämie im KWKG der bisher beste Förderansatz war,
- ob andere Förderansätze zu besseren (u.a. effizienteren) Ergebnissen geführt hätten und
- wie sich die Effizienz des Förderinstruments KWKG-Zuschlag (operative Förderung) im Verhältnis zur Alternative von Investitionsbeihilfen darstellt.

Aus diesem Grund bewertet dieses Arbeitspaket die bisherige Förderung der fixen Marktprämie sowie möglicher Alternativen aus „historischer“ und heutiger Perspektive (aktuelles KWKG). Der Bewertungsrahmen ist eine KWK-spezifische Technologieförderung, die derzeit als Bezugsgröße die KWK-Stromerzeugung aufweist. **Die Ergebnisse und Empfehlungen beziehen sich ausschließlich auf diesen Bezugsrahmen und auf die genannte zeitliche Perspektive.** Sobald das Ziel der Förderung sich grundsätzlich verändert, ergibt sich zwangsläufig eine neue Bewertung.

Darüber hinaus wird betrachtet, ob die untersuchten Instrumente auch zukünftig geeignet sein können, falls das **Förderziel unverändert bliebe**. Dieses Arbeitspaket enthält damit **keine Aussage zu der Frage, ob es längerfristig eine KWK-Stromförderung oder überhaupt eine KWK-Förderung geben sollte**.

Die vergleichende Bewertung der Förderung von Wärmenetzen und -speichern mit anderen Fördertatbeständen bzw. möglicher Alternativen ist nicht Teil der Betrachtungen; siehe dazu die Ausführungen in Kapitel 5.

6.2 Ziele der Förderung im KWKG

Das geltende KWKG 2017 formuliert das Ziel des Gesetzes in § 1 Abs. 1 wie folgt: „Dieses Gesetz dient der Erhöhung der Nettostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf 110 Terawattstunden bis zum Jahr 2020 sowie auf 120 Terawattstunden bis zum Jahr 2025 im Interesse der Energieeinsparung sowie des Umwelt- und Klimaschutzes."

Der Gesetzeszweck bzw. das konkrete „Primärziel" ist es also, die KWK-Stromerzeugung im Vergleich zum Stand zum Zeitpunkt der Novellierung des KWKG zu erhöhen. Ein Förderinstrument ist daher umso besser zu bewerten, je stärker es die **Produktion von KWK-Strom** anreizt. Die Erfüllung des Primärziels, also die Erhöhung der Gesamtmenge der KWK-Stromerzeugung, kann grundsätzlich erfolgen über höhere Jahresbetriebsstundenzahlen der Bestandsanlagen, über die Installation von Neuanlagen oder eine Erhöhung der Stromkennzahl bei unveränderter Betriebsstundenzahl.

Als unkonkret formuliertes „Sekundärziel" nennt § 1 Abs. 1 KWKG Energieeinsparung und Umwelt- und Klimaschutz. Dies kann interpretiert werden als das Ziel, **Primärenergie einzusparen und CO_2-Emissionen zu senken**. Bei der **heutigen Marktsituation** darf angesetzt werden, dass bei einer Verfolgung des Primärziels das Sekundärziel automatisch auch mit erfüllt wird. Dies gilt nicht in jeder einzelnen Betriebsstunde, aber in der relevanten Jahresbilanz. Grund dafür ist, dass der Anteil der ungekoppelten fossilen Stromerzeugung an der Gesamtstromerzeugung noch recht hoch ist. Ein Förderinstrument ist daher umso besser zu bewerten, je stärker es zu Umwelt- und Klimaschutz beiträgt. Dies ist möglich über eine effiziente Nutzung von Primärenergie, den Ausbau von Wärmenetzen, die Förderung von erneuerbaren Brennstoffen oder erneuerbaren Wärmeerzeugern.

6.3 Methodik zur Bewertung der Instrumente zur Förderung von KWK-Anlagen

Dieses Arbeitspaket bewertet die untersuchten Förderinstrumente zur Ermittlung einer „guten“ Förderung der KWK (siehe o. g. Fragen aus dem Evaluierungsplan). Neben der reinen Erhöhung von KWK-Strommengen werden auch Aspekte von Umwelt- und Klimaschutz und den damit verbundenen Aspekten zur Systemdienlichkeit der KWK untersucht.

6.3.1 Bewertungskriterien

Die rechtliche Bewertung, bei der es um eine verfassungsrechtliche Bewertung sowie eine Konformität mit beihilferechtlichen Bestimmungen handelt, findet sich in Abschnitt 6.5**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**. Dort werden die juristischen Kriterien näher erläutert. Sie erfolgt aus folgenden methodischen Gründen getrennt:

- Die Betrachtungsweise ist vom Grundsatz her unabhängig vom Ziel der Förderung und von Aspekten der (gewünschten) Entwicklung am Strom- und Wärmemarkt.
- Eine rechtliche Nicht-Umsetzbarkeit eines Instrumentes führt zur vollständigen Ablehnung des Instrumentes ohne Berücksichtigung der anderen Bewertungskriterien.

Aus diesen Gründen ist die juristische Bewertung nicht Teil der zu den Kriterien 1 - 11 gehörigen Bewertungstabelle (Tabelle 37).

Zur Bewertung der nicht juristischen Aspekte der Förderinstrumente werden 11 voneinander abgegrenzte Kriterien herangezogen. Im Folgenden wird erläutert, welche zentralen Aspekte mit einem Bewertungskriterium verbunden sind und wie diese zu guten oder schlechten Bewertungen führen. Bewertet werden dabei immer nur die direkten Auswirkungen; mögliche darüber hinausgehende Folgen und deren indirekte Wirkungen auf ein oder mehrere andere Kriterien bleiben unberücksichtigt.

Eine Begründung für die Einzelbenotungen findet sich in Abschnitt 6.6.1. Zur besseren Übersichtlichkeit machen Unterstreichungen die häufiger benutzten Kurzbezeichnungen kenntlich. Alle im Folgenden genannten und erläuterten Bewertungskriterien bewerten die KWK-Förderung im Sinne ihrer derzeitigen Ziele. Die Vielzahl der gewählten Bewertungskriterien zeigt, wie komplex eine umfassende Bewertung der KWK-Förderung ist.

1 Effektivität der Förderung

Das erste Kriterium prüft, ob ein Förderinstrument das Primärziel, also die Erhöhung der KWK-Stromerzeugung, adressiert und dies effektiv umsetzt. Der Zeitpunkt der Stromerzeugung und damit die

Systemdienlichkeit einer Anlage im Strommarkt spielt dabei keine Rolle, dies wird in Kriterium 3 betrachtet. Eine gute Bewertung ergibt sich, wenn das geförderte Gut die KWK-Stromerzeugung selbst ist. Eine Förderung der Errichtung von Neuanlagen erhöht ebenfalls die KWK-Stromproduktion um diejenige Menge, die diese Neuanlagen erzeugen. Positiv ist auch die Förderung einer Anlagenmodernisierung zu bewerten, da dadurch Bestandsanlagen länger im Markt bleiben und Strom produzieren.

2 Kosteneffizienz der Förderung

Das zweite Kriterium untersucht die mit der Zielerreichung verbundenen Kosten, also die Summe der Förderkosten. Die Erzeugung von Strom in Kraft-Wärme-Kopplung ist eine ausgereifte Technologie, die keine steilen technologischen Lernkurven aufweist. Eine größere Menge von geförderten KWK-Anlagen führt zu nahezu linear höheren Gesamtförderkosten. Eine Senkung der Förderkosten durch Skaleneffekte stellt somit kein durch ein Instrument direkt adressierbares Ziel dar. Das Instrument zur Förderung der KWK als ein Marktsegment sollte aber möglichst geringe Kosten verursachen. Mitnahmeeffekte, also die Förderung von Investitionen, die auch ohne die finanzielle Förderung stattgefunden hätten, wirken effizienzmindernd und führen zu einer schlechteren Bewertung. Eine gute Bewertung ergibt sich, wenn ein Instrument z.B. wettbewerbliche Elemente beinhaltet.

3 Erhöhung der Systemdienlichkeit am Strommarkt: flexibler Betrieb der KWK-Anlagen

Dieses dritte Kriterium zielt – in Abgrenzung zum nachfolgenden Kriterium – auf die Betriebsführung der KWK-Anlagen ab. Die Bewertung ist umso besser, je stärker sich der Anlagenbetrieb an der Residuallast orientiert. Erfolgt der Anlagenbetrieb unabhängig von der Residuallast, so kann es zu einer anteiligen Verdrängung von EE-Strom kommen. Es wird angenommen, dass das Strompreissignal weitgehend mit der Höhe der Residuallast korreliert und die Schwankungen der Residuallast abbildet. Daher geht es bei der Bewertung um die Frage, ob KWK-Anlagen auf Strompreissignale reagieren. Lokale Aspekte von Netzengpässen werden nicht betrachtet. Auch wird geprüft, ob das Preissignal ggfs. gedämpft wird. Je stärker eine solche Dämpfung ausfällt, umso weniger wird die Betriebsführung der KWK-Anlage dem Strompreis und damit der Residuallast folgen. Instrumente, die das Strompreissignal dämpfen, bekommen eine schlechtere Bewertung als Instrumente, die ein unverfälscht wirksames Preissignal zulassen, was positiv zu bewerten ist.

4 Strommarktkompatible Investition

Die Strommarktkompatibilität von KWK-Anlagen ist umso größer, je steuerbarerer die Anlagen für eine Stromproduktion zur Verfügung stehen. Zunehmend wichtiger und deshalb positiv zu

bewerten ist eine Investition, welche die Flexibilität der KWK-Anlagen erhöht, bspw. über die zusätzliche Investition in Wärmespeicher oder einer Power-to-Heat-Anlage, die es der KWK-Anlage erlauben am Regelenergiemarkt teilzunehmen. Diese Investitionen schaffen auch die Voraussetzungen für die gewünschte Betriebsführung gemäß Kriterium 3. Die Bewertung bemisst sich an der Unterstützung hilfreicher Investitionen für die Transformation (positive Bewertung) bzw. einer möglichen Behinderung durch Fehlanreize (negative Bewertung). Sind in beide Richtungen keine relevanten Anreize zu erkennen, so ergibt sich eine neutrale Beurteilung.

5 Auswirkung auf EE-Stromanlagen

Dieses Kriterium bezieht sich nicht wie Kriterium 3 und 4 auf die KWK-Anlage selbst, sondern auf die Transformation des gesamten Stromerzeugungssystems. Eine positive Bewertung erfolgt bei erkennbaren Anreizen für zusätzliche Investitionen in EE-Stromerzeugungsanlagen (ggfs könnte ein Akteur Interesse daran haben, seine Stromerzeugung aus KWK und EE insgesamt zu vergleichmäßigen). Eine negative Bewertung ergibt sich, wenn eine Behinderung des Ausbaus von EE-Stromanlagen zu erkennen ist. Beispielsweise können durch einen Merit-Order-Effekt der KWK-Anlagen die potenziellen Einnahmen der EE-Anlagen am Strommarkt sinken. Negativ wäre auch, wenn im Renditevergleich des Investors die Anreize für die Investitionen in eine KWK-Anlage die Anreize für die Investitionen in eine EE-Stromanlage übersteigen. Bestehen in beide Richtungen keine relevanten Anreize, so ergibt sich eine neutrale Beurteilung. Die Bewertung bezieht sich nicht auf mögliche Auswirkungen auf die Betriebsführung einer EE-Anlage, da Produktionszeitpunkt und -menge zumeist durch die natürlichen Voraussetzungen (Wind, Sonneneinstrahlung) und deren bestmögliche Ausnutzung vorgegeben werden.

6 Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen

KWK-Anlagen sollten weder auf der Strom- noch auf der Wärmeseite brennstofffreie erneuerbare Energien ersetzen. In Analogie zu Kriterium 5 bewertet das Kriterium 6 die Effekte einer Förderung, die Anreize (positive Bewertung) oder Behinderungen (negative Bewertung) in die grundsätzlich erforderliche Richtung der Dekarbonisierung der Wärmeversorgung setzen. Sind in beide Richtungen keine relevanten Anreize zu erkennen, so ergibt sich eine neutrale Beurteilung. Im Gegensatz zu Kriterium 5 geht es dabei sowohl um Investitionen als auch um die Betriebsführung von EE-Wärmeanlagen

7 Unerwünschte Verteilungseffekte

Für das siebte Kriterium relevant sind Verteilungseffekte, die sich zwischen Investoren ergeben könnten, bspw. aufgrund deren unterschiedlicher Anforderungen an die Renditen für Investitionen in

KWK-Anlagen. Je größer Verteilungseffekte zwischen verschiedenen Fördergruppen ausfallen, desto weniger wettbewerblich und kosteneffizient ist die Förderung. Sind Verteilungseffekte zu erwarten, so ist eine negative Bewertung die Folge. Bleiben sie aus, so gibt es eine neutrale Bewertung. Da es keine erwünschten Verteilungseffekte geben kann, ist in diesem Kriterium keine positive Bewertung möglich.

8 Anpassbarkeit der Förderstruktur

Bei diesem Kriterium geht es um die Anpassung der Förderstruktur selbst – nicht nur um die Änderung der Höhe der Fördersätze bei ansonsten gleichbleibendem Instrument. Welchen Anforderungen das Förderinstrument im Laufe der Jahre genügen soll, ist heute zwar noch nicht im Detail absehbar; allerdings geben die aktuell diskutierten Aspekte wie Dekarbonisierung der Strom- und Wärmeerzeugung (u.a. Ablösung der Kohle-KWK, steigende Flexibilitätsanforderungen an die KWK-Stromproduktion) ein ausreichend klares Bild über die anstehenden Handlungsstränge.

Da bei diesem Kriterium vielfältige Aspekte zu einer Gesamtbewertung zusammenzuführen sind, erfolgt eine Beurteilung, wie gut sich einzelne Elemente in die in Frage kommenden Instrumente einbinden lassen. Dies wird in einer eigenständigen Bewertungstabelle für Kriterium 8 dargestellt (). Je besser die einzelnen Elemente in das Instrument unter Berücksichtigung des jeweiligen Gestaltungsspielraumes eingebunden werden können, umso besser fällt die Bewertung aus.

9 Regulierungsrisiken

Kriterium 9 zielt auf die Ausgestaltungsqualität des Instrumentes bzw. auf die Qualität der Parametrierung eines Instrumentes – in Abgrenzung zu Kriterium 2, das grundsätzliche Wirkprinzipien eines Instrumentes bewertet. Dies erfolgt über die Berücksichtigung unterschiedliche Regulierungsrisiken entsprechend ihrer Priorität.

Das wichtigste Risiko ist das einer möglichen Fehlparametrisierung. Ist die Förderhöhe zu niedrig angesetzt, so kommt es nicht zu den gewünschten Fördereffekten und in der Folge zu einer Zielverfehlung. Liegt das Förderniveau jedoch zu hoch, so kommt es zu Mitnahmeeffekten, d.h., die Effizienz der Förderung verschlechtert sich. Beides ist negativ zu bewerten. Als sehr gering einzuschätzende Risiken ergeben eine positive Bewertung. Im schlechtesten Fall betreffen beide Probleme das gesamte KWK-/Akteurspektrum; sehr viel wahrscheinlicher ist jedoch ein Auftreten in einzelnen Segmenten. In der Realität wird dem Risiko stets durch geeignete Maßnahmen bspw. über Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Modellfällen begegnet. Die Zeit, die der politische Prozess zur Festsetzung einer Förderhöhe benötigt, wird nicht betrachtet.

Ein geringer zu gewichtender Faktor in der Bewertung ist das der Robustheit des Förderinstrumentes, also die Frage, wie lange eine zunächst richtig gesetzte Parametrierung in der ursprünglichen Weise wirkt: Ist die Förderwirkung bei geändertem Marktumfeld noch gegeben bzw. in welchem Maße ist dies noch der Fall? Wünschenswert und damit positiv zu bewerten wäre eine automatische Kopplung der Fördersätze an die relevanten Marktparameter, um eine die Notwendigkeit einer regulatorischen Anpassung zu vermeiden.

In geringstem Maße zu bedenken ist der mit der Förderung verbundene Aufwand, die Förderhöhen und -bedingungen festzulegen. Ein vergleichsweise hoher, einmaliger Aufwand ist angemessen und positiv zu bewerten, wenn die Förderung dann effizient und zielgerichtet für einen längeren Zeitraum wirkt.

10 Unternehmensrisiken

Jeder Akteur muss sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit seiner Investition in eine KWK-Anlage bzw. des Betriebes stellen. Ein wichtiger Teil dieser ökonomischen Betrachtung ist die Höhe der Förderung, die er zu erwarten hat. Der Investor wird u.a. bewerten, wie sicher eine bestimmte Fördersumme für ihn ist (sind sie garantiert oder werden sie wie bei einer Auktion nur an einen Teil der Bewerber ausgegeben), in welchem Maße er diese im Vorfeld kalkulieren kann bzw. diese vom Betrieb der KWK-Anlage abhängt und zu welchem Zeitpunkt und wie lange er die Förderung bekommt. Hinzu kommt eine Betrachtung des eigenen Aufwandes, um an die Fördermittel zu kommen und von „stranded costs“ dieses Aufwandes, wenn keine Förderung erfolgt. Es handelt sich somit um monetär zu bewertende Risiken, die in einem Förderinstrument selbst liegen und in die eigene Kalkulation eingepreist werden müssen. Im Ergebnis steigen durch höhere Risiken für die Unternehmen die Kosten für den Kunden. Ist die Fördersumme über einen längeren Zeitraum garantiert, das Risiko für Unternehmen also niedrig, so ergibt sich die beste Bewertung. Je größer die Risiken einer ausfallenden Förderung oder eine Verringerung der Förderhöhe sind, umso mehr verschlechtert sich die Bewertung.

Von geringerer Priorität sind die seltener auftretenden Unsicherheiten durch einen Wechsel vom aktuellen auf das betrachtete Förderinstrument. Diese sind umso geringer, je mehr ein neues Fördersystem dem zuvor bestehenden grundsätzlich ähnelt, bspw., wenn weiterhin eine Förderung über €/kWh KWK-Strom erfolgt. Höher sind die Risiken immer dann, wenn die Effekte des neuen Instrumentes schlecht kalkulierbar sind oder wenn das neue Fördersystem ganz anders funktioniert als der Vorgänger und eine gewisse Gefahr besteht, es kalkulatorisch nicht gänzlich richtig interpretiert zu haben. Bei der Betrachtung des Instrumentenwechsels wird angenommen, dass kein Bestandsschutz für bereits beschlossene Förderung besteht.

11 Europäische Integration

Der zu bewertende Aspekt beim Thema europäische Integration ist die Beteiligungsmöglichkeit von im Ausland aufgestellten KWK-Anlagen an der nationalen Förderung. Voraussetzung dafür ist in jedem Fall eine vertragliche Kooperationsvereinbarung, welche die Teilnahmemodalitäten zwischen den betreffenden Staaten regelt. Unter anderem ist dabei zu klären, wie die mit dem Betrieb der Anlagen verbundenen Emissionen und Emissionsrechte unter dem ETS oder der Effort Sharing Regulation zwischen den Ländern aufgeteilt werden. Der geförderte Strom muss vielleicht zwar physikalisch nach Deutschland importiert werden oder einen vergleichbaren Effekt auf den deutschen Strommarkt haben (siehe z.B. die „Grenzüberschreitende-Erneuerbare-Energien-Verordnung“ [GEEV 2017]), allerdings werden sich die Zeiten negativer Strompreise, in denen keine Vergütung gezahlt wird, auf das lokale Stromnetz beziehen, genauso wie bei der GEEV. Ebenso beruhen die Erlöse der Anlagen, neben den KWK-Zuschlägen, auf den Strompreisen des lokalen Strommarktes. Je nach Ausgestaltung können damit Förderinstrumente unterschiedliche Wirkungen in den verschiedenen Ländern entfalten.

Mit diesem Kriterium wird also bewertet, ob eine Umsetzung des Instrumentes über Deutschland hinaus grundsätzlich sinnvoll möglich ist und wie groß die Unterschiede in der Förderwirkung sind. Eine geringere Bedeutung hat die in einem Instrument liegende Herausforderung zur Vereinheitlichung bzw. Zusammenführung nationaler Fördersysteme in europäischen Systemen, da ein solches Vorhaben zunächst mit sehr vielen Fragen verbunden ist, welche mit der Wahl eines konkreten Instrumentes nichts zu tun haben. Auch mögliche Rückwirkungen auf KWK-Anlagen in anderen EU-Mitgliedsstaaten spielen eine untergeordnete Rolle. Aus dem Aufwand bzw. der Einschätzung zur praktischen Durchführbarkeit und der Verschiedenheit der Förderwirkung ergibt sich eine positive, neutrale oder negative Bewertung.

6.3.2 Nicht in die Bewertung einfließende Kriterien

Es gibt außer den im vorherigen Abschnitt angeführten Kriterien auch solche, die nur bedingt mit einem bestimmten Förderinstrument verbunden und eher dem politischen Umfeld zuzuordnen sind. Darunter fällt etwa die Sichtbarkeit der Förderung für das gesamte energiewirtschaftliche Akteursfeld und die Öffentlichkeit. Damit verknüpft ist die Einschätzbarkeit, welche Rolle die fossile KWK zu welchem Stadium der Energiewendepolitik spielen soll. So geben bspw. konkrete KWK-Ausbauziele im KWKG den Investoren eine gewisse Sicherheit, dass sie auf eine Technik setzen, die für einen ausreichend langen Zeitraum politisch gewollt ist;

andernfalls kann es sich investitionshemmend auswirken[11]. Auch eine geringe Komplexität und eine hohe Transparenz der Förderung tragen zur Sichtbarkeit und damit zu einem positiven Investitionsumfeld bei.

Von Relevanz ist ebenfalls die Frage nach der Stabilität der Förderung, also ob Fördermittel überhaupt längerfristig bereitgestellt werden – beim Kriterium Unternehmensrisiken geht es hingegen darum, ob ein Akteur von einem existierenden Förderrahmen profitiert oder nicht (bspw. bei einer Auktion). Eine direkte Finanzierung durch Umlagen oder den öffentlichen Haushalt bietet aus Investorensicht eine andere Sicherheit als indirekte Einnahmen aus steuerlichen Vergünstigungen. Fragen der Refinanzierung der Förderung sind i.d.R. unabhängig von der Wahl der Instrumente.

6.3.3 Durchführung der Bewertung

Die Bewertung der Kriterien erfolgt mittels einer **5-Stufen-Skala**, weil diese einerseits eine ausreichende Differenzierung der Instrumente und andererseits eine gute Erfassbarkeit der Ergebnisse durch den Leser ermöglicht. Die Bewertungstufen sind: ++ / + / = / - / - -. In Einzelfällen wären weitere Zwischennoten wünschenswert, aber eine größere Zahl an Bewertungsstufen lässt sich für die gesamte Matrix kaum seriös ableiten und begründen. Die Festlegung des „Notensprunges“ erfolgt anhand der Quervergleiche der Instrumente und der jeweiligen Bewertungsabstände.

Die Bewertung bezieht sich immer auf den „Grundgedanken“ eines Förderinstrumentes bzw. eine geeignete Umsetzung. Dies ist insofern wichtig zu betonen, weil die konkrete Ausgestaltung eines Instrumentes, z. B. die konkrete Förderhöhe oder zu erfüllende Zusatzbedingungen, die Bewertung (ggfs. deutlich) beeinflussen kann. Ebenso können sich differenzierte Bewertungen in Bezug auf KWK-Anlagentypen / -klassen oder unterschiedliche Akteure ergeben. Diese werden zu einem Gesamtbild verdichtet; relevante Aspekte finden sich ggfs. in den textlichen Erläuterungen zu den Einzelbewertungen.

Die Kriterien 1 - 11 weisen eine unterschiedliche Bedeutung auf, was durch eine **Gewichtung der Bewertungskriterien** berücksichtigt wird. Dies lässt sich allerdings kaum durch eine mathematische Beschreibung in Form von Gewichtungsfaktoren angeben; zumal sich die Gewichtung fortlaufend verschieben wird, je nachdem, wie die Fortschritte zur Erreichung der energiepolitischen Ziele ausfallen und welche Strategien zur Gegensteuerung verfolgt werden. Die Gewichtung der Kriterien erfolgt deshalb nur in 3 Kategorien: hoch / mittel / niedrig. Dabei handelt es sich um eine

[11] Dieser Effekt lässt sich aktuell sehr gut im Verkehrssektor erkennen. Der im Vergleich zum Benziner CO_2 sparende Dieselmotor, der seit vielen Jahren über geringere Steueranteile am Kraftstoff gefördert wird, verzeichnet aufgrund der Stickoxid-Betrugsfälle eine spürbar sinkende Nachfrage, weil für Besitzer daraus zunehmend steigende Risiken eines hohen Wertverlustes und Fahrverbote in Großstädten resultieren.

relative Bewertung der Kriterien untereinander, nicht um eine absolute Bewertung. Von deutlich größter Bedeutung bei den nicht juristischen Aspekten sind die Kriterien Effektivität und Effizienz. Die weitere Einteilung ist Tabelle 37zu entnehmen. Die Bewertung bezieht sich auf die heutige Sicht (beinhaltet auch die letzten Jahre seit der letzten Novelle des KWKG) sowie die kurzfristige Perspektive und somit auf die aktuell geltenden Ziele des KWKG.

Die **Gesamtbewertung** ergibt sich aus der gewichteten Zusammenführung der Einzelbewertungen der Kriterien.

6.3.4 Entwicklungsperspektiven und deren Relevanz für die mittelfristige Bewertung der Instrumente

Um tatsächlich CO_2-Emissionen gegenüber der ungekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom einzusparen, wird der Erzeugungszeitpunkt zunehmend wichtiger, weil er für den CO_2-Faktor des jeweiligen Verdrängungsmixes von zentraler Bedeutung ist. Aktuell wird dies häufig rein stromseitig gedacht; es geht bei KWK jedoch immer auch um eine mögliche Verdrängung auf der Wärmeseite. Mit fortschreitender Energiewende – insbesondere dem Ausbau erneuerbarer Energien – nimmt dieser Aspekt an Bedeutung zu. KWK ist eine steuerbare Erzeugungstechnologie auf Basis von Brennstoffen und sollte deshalb insbesondere die Dekarbonisierung der steuerbaren, brennstoffbasierten Erzeugung zur Deckung der Residuallast unterstützen; die Verdrängung von Strom und Wärme aus Erneuerbaren Energien sollte weitgehend vermieden werden. Mit zunehmendem Anteil an Erneuerbaren Energien entscheidet nicht mehr die KWK-Strommenge, sondern vor allem der Produktionszeitpunkt darüber, ob und in welchem Maße die KWK zu einer Erreichung des Zieles der Primärenergie- und CO_2-Einsparung beitragen kann. Um diesen Ansprüchen zu genügen, ist der KWK-Betrieb zunehmenden Flexibilitätsanforderungen ausgesetzt – er muss **systemdienlicher** werden.

Da der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung heute sehr viel höher liegt als im Wärmemarkt, liegt der Fokus derzeit auf der Systemdienlichkeit im Strommarkt. Da aber auch der Wärmemarkt zügig weiter dekarbonisiert werden muss, wird der Anspruch, dass KWK-Anlagen auch wärmemarktdienlich betrieben werden müssen, perspektivisch wichtiger. Auch auf der Wärmeseite erfordert dies eine Flexibilität, die bereits ab heute kontinuierlich ausgebaut werden muss, um diesen Anforderungen später genügen zu können.

Mit den Veränderungen des energiewirtschaftlichen Umfeldes der KWK nehmen bestimmte Bewertungskriterien – wie etwa eine systemdienliche Betriebsführung der KWK-Anlagen – im Zeitverlauf an Bedeutung zu. Andere Bewertungskriterien verlieren entsprechend zumindest relativ an Bedeutung. Damit verbunden ist auch eine gewisse Verschiebung der Gewichtung der Bewertungskriterien. Da es sich um einen kontinuierlich ablaufenden Prozess

handelt, finden sich in Tendenzpfeile für die Bedeutung und damit die zukünftige Veränderung der Kriteriengewichtung:

↑: sie steigt an,

→: sie bleibt etwa gleich.

Dabei handelt es sich wieder um eine relative Bewertung der Kriterien untereinander.

Aus analogen Überlegungen ist es nicht sinnvoll möglich, konkrete Bewertungen für einen bestimmten zukünftigen Zeitpunkt anzugeben. Stattdessen wird in Tabelle 50 über Pfeile angegeben, in welche Richtung sich eine Bewertung mittelfristig gegenüber heute bewegt:

↑: sie verbessert sich,

→: sie bleibt etwa gleich,

↓: sie verschlechtert sich.

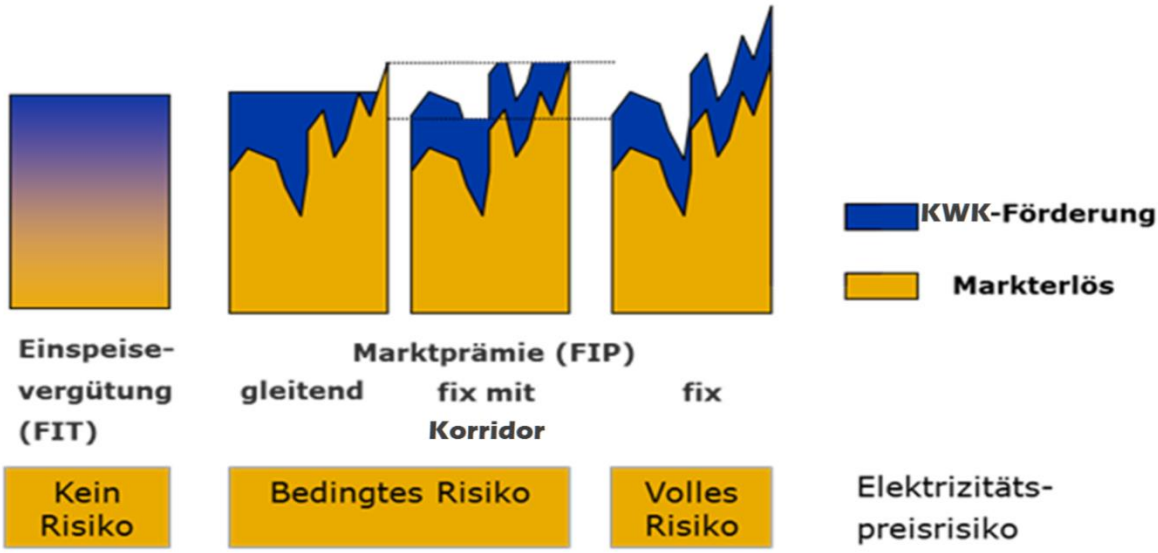
In einer groben Näherung bedeuten die Veränderungspfeile zumeist die Veränderung um eine „Notenstufe“.

Aus den veränderten Gewichtungsfaktoren und den veränderten Bewertungen der Kriterien ergibt sich die neue **Gesamtbewertung unter der Voraussetzung eines sich nicht grundlegend ändernden Ziel- und Fördersystems**. Sollte bspw. einmal eine Umstellung auf KWK-Wärme als Förderziel erfolgen, so ist selbstverständlich eine darauf bezogene, neue Bewertung erforderlich.

6.4 Betrachtete Förderinstrumente

Im Folgenden werden die betrachteten Instrumente zur Förderung der KWK-Anlagen kurz hinsichtlich der Grundstruktur und der Intention vorgestellt. Die Bewertung erfolgt im nachfolgenden Abschnitt. Zur besseren Verdeutlichung der Instrumente A - D dient Abbildung 6-1. Die blau dargestellte Förderung entspricht der KWK-Förderung durch das KWKG, der orange Bereich stellt die Markterlöse dar. Im unteren Teil ist das Elektrizitätspreisrisiko der Anlagenbetreiber angegeben.

Abbildung 6-1: Funktionsschema von Einspeisevergütung und Marktprämien



Quelle: Ecofys (modifiziert von IFAM)

A Einspeisevergütung

Bei dieser Art der Förderung ist das geförderte Gut die KWK-Stromerzeugung. Die Vergütung ist für den Anlagenbetreiber fix und damit unabhängig vom Börsenstrompreis. Daraus folgt, dass für den Anlagenbetreiber der Erzeugungszeitpunkt egal ist, da dieser keinen Einfluss auf die spezifische Förderhöhe hat. Eine Maximierung der Fördergesamtsumme lässt sich nur durch eine möglichst hohe Betriebsstundenzahl der Anlage erzielen; deshalb reizt das Instrument die Maximierung KWK-Stromerzeugung an.

B Gleitende Marktprämie

Das geförderte Gut ist auch bei der gleitenden Marktprämie die KWK-Stromerzeugung. Im Vergleich zum Instrument A erfolgt die Vergütung über eine Prämie auf die Einnahmen aus der Direktvermarktung des KWK-Stroms. Zu Zeiten niedriger Strompreise erfolgt durch die Förderung eine Aufstockung des Markterlöses auf einen garantierten und damit konstanten Mindestbetrag. In diesem Zeitraum entspricht dieses Instrument der Einspeisevergütung, weil die Vergütung unabhängig vom Börsenstrompreis konstant ist. Übersteigt der Börsenstrompreis jedoch dieses Niveau, wird er wirksam und der Aufschlag als zusätzliche Förderung entfällt. Das Verhältnis aus Strompreisverlauf und garantiertem Mindestniveau entscheidet darüber, an wie vielen Stunden des Jahres es eine Abweichung von den Anreizen einer Einspeisevergütung gibt und damit einen Anreiz, den KWK-Strom in genau diesem Zeitraum bereitzustellen. Im Regelfall sind es geringe Stundenzahlen, somit steht auch hier die Maximierung der KWK-Stromerzeugung im Vordergrund.

C Fixe Marktprämie mit Korridor

Das geförderte Gut ist die KWK-Stromerzeugung. Im Gegensatz zum Instrument B ist der Förderzuschlag auf die Einnahmen aus

der Direktvermarktung aber nicht mehr gleitend, sondern (weitgehend) fix. Damit ergibt sich als Gesamtvergütung eine Summe aus Markterlös zzgl. Marktprämie. Diese Summe folgt dem Strompreisverlauf, ist allerdings durch einen Korridor gepuffert. Es ist einerseits ein Mindestwert festgelegt, der bei sehr niedrigen Strompreisen die Einnahmen erhöht. Andererseits ist der Maximalwert aus Strommarkteinnahmen und Marktprämie gedeckelt: übersteigt der Börsenstrompreis dieses Niveau wird die sonst fixe Marktprämie ausgesetzt. Insgesamt besteht aufgrund des geförderten Gutes auch hier ein Anreiz zur Maximierung der KWK-Stromerzeugung, allerdings wird dieser ergänzt durch den Anreiz, zu Stunden hoher Börsenpreise zu produzieren. Die Gewichtung des Produktionszeitpunktes hängt maßgeblich von der Festlegung des Korridors ab.

D Fixe Marktprämie

Auch hier wird die KWK-Stromerzeugung gefördert. Zum Markterlös addiert sich zu jedem Zeitpunkt ein fixer Förderzuschlag, der im Gegensatz zum Instrument C nicht mit einem Korridor versehen ist. Somit folgt die Höhe der Vergütung ausnahmslos und ungedämpft dem Verlauf des Strompreises. Das aktuell geltende KWKG basiert auf diesem Förderinstrument. Die Gesamtvergütung steigt mit der Menge des erzeugten KWK-Stroms und intendiert somit die Maximierung der KWK-Stromerzeugung. Viel stärker als bei Instrument C wirkt jedoch der Anreiz zum systemdienlichen Strommarktbetrieb, also zur Ausnutzung hoher Börsenstrompreise.

E Ausschreibungen (über Höhe einer fixen Marktprämie)

Bei diesem Instrument handelt es sich um eine Ausgestaltungsvariante des Instruments D. Sie wird jedoch als eigenständiges Instrument analysiert, weil es relevante Unterschiede zu den garantierten Marktprämien-Varianten aufweist und zudem seit 2017 im KWKG angewendet wird[12]. Auch bei diesem Instrument wird der Börsenstrompreis um eine Marktprämie aufgestockt. Die Höhe dieser Marktprämie wird jedoch nicht durch den Gesetzgeber vorab festgelegt, sondern ist Ergebnis einer Ausschreibung bzw. mehrerer Ausschreibungsrunden. Zu den bei der fixen Marktprämie angeführten Intentionen kommt demnach noch das Element hinzu, über ein wettbewerbliches Verfahren einen möglichst geringen Förderbedarf zu erwirken und ggfs. Mitnahmeeffekte zu vermeiden. Bei diesem Instrument gibt es einige Ausgestaltungsvarianten [Ecofys, 2017], welche die Bewertung in stärkerem Maße beeinflussen, als dies bei anderen Instrumenten der Fall ist. Grundlage der Bewertungen ist die derzeit angewendete Variante, siehe dazu die Ausführungen in Abschnitt 6.6.1.5.

[12] Die Bekanntmachung der ersten Ausschreibungsrunde mit Gebotstermin 01.12.2017 erfolgte am 06.10.2017 durch die BNetzA.

F Steuerliche Vergünstigungen

Die hier bewerteten, steuerlichen Vergünstigungen beziehen sich auf die Investitionen in eine Neuanlage oder die Modernisierung einer bestehenden KWK-Anlage, nicht auf den Betrieb selbst (z.B. über die steuerliche Behandlung der eingesetzten Energieträger). Das geförderte Gut ist die installierte Leistung. Demzufolge ist die Intention des Instrumentes in der Errichtung oder Modernisierung von Anlagen zu sehen, also in der Erhöhung der (Stromerzeugungs-)Kapazitäten. Der Betrieb der Anlage hat keinerlei Einfluss auf die Höhe der Förderung, jedoch auf die Höhe der Einnahmen - das Strompreissignal wird ungedämpft wirksam.

G Investitionshilfen

Gefördertes Gut und Intention des Instrumentes sind identisch mit dem Instrument F. Die Höhe der Förderung ist jedoch für alle Marktakteure gleich hoch, weil sie als anteiliger Betrag an den Investitionskosten festgeschrieben ist. Es gibt im Gegensatz zu F keinen Einfluss durch die Höhe der individuellen Steuerlast eines Investors.

H Quotensystem (mit handelbaren Zertifikaten)

Das Instrument zielt darauf ab, bestimmte KWK-(Jahres-)Strommengen zu erreichen, in dem diese Mengen den Marktakteuren über eine zu erfüllende Quote vorgegeben werden. Der Erzeugungszeitpunkt spielt keine Rolle. Über handelbare Zertifikate ist ein wettbewerbliches Element enthalten, welches denjenigen Akteuren, für die eine eigene KWK-Erzeugung keine geeignete Option darstellt, die bilanzielle Erfüllung der Quoten ermöglicht. Die Förderung der KWK ist in diesem Fall nicht eine finanzielle Unterstützung der Anlagenerrichter oder -betreiber, sondern ein Zwang zur Erfüllung der Quoten.

6.5 Rechtliche Bewertung der Instrumente

Bevor im folgenden Abschnitt die nicht-juristische Bewertung der Fördermechanismen vorgenommen wird, wird vorab in einem ersten Schritt untersucht, ob verfassungs- oder beihilferechtliche Erwägungen grundsätzlich gegen einzelne Fördermechanismen sprechen, die eine eingehende fachliche Bewertung erübrigen.

6.5.1 Bewertung finanzieller Fördermechanismen auf Kompatibilität mit deutschem Verfassungsrecht

Staatlich implementierte Mechanismen zur Förderung von KWK-Strom können unterschiedliche Auswirkungen auf verfassungsrechtlich geschützte Rechtspositionen und Prinzipien haben. Die Intensität etwaiger Grundrechtseingriffe und die speziellen Anforderungen an deren Rechtfertigung hängen stets von der konkreten Ausgestaltung eines Mechanismus ab. Ziel der folgenden Darstellung ist es, einen Überblick über etwaige verfassungsrechtliche

Problematiken zu bieten, die mit den Grundprinzipien verschiedener Fördermechanismen einhergehen können. Folglich erhebt sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit im Detail.

Einspeisetarife

Die mit einem Einspeisetarif grundsätzlich einhergehende, den Netzbetreiber treffende Abnahme-, Einspeise- und insbesondere die Vergütungspflicht tangieren in der Regel dessen verfassungsrechtlich geschützte Berufsfreiheit (Art. 12 Abs. 1 GG). Diese Eingriffe verfolgen mit dem Umwelt- und Klimaschutz allerdings vernünftige Gründe des Allgemeinwohls, die auch im Rahmen des Grundgesetzes von der Rechtsprechung[13] als Ziele von höchstem Rang genannt werden. Verbunden mit der hohen Fördereffektivität, die ein Einspeisetarif ermöglicht[14], ist eine Verletzung der Berufsfreiheit nicht anzunehmen.

Grundsätzlich ist die Konzeption eines Einspeisetarifes mit dem Gleichheitsgebot des Art. 3 Abs. 1 GG vereinbar. Je nach konkreter Ausgestaltung kann es aber zu Eingriffen in den geschützten Bereich kommen.

So liegt eine relevante Ungleichbehandlung vor, wenn bestimmte Energieträger oder Technologien von der Förderung ausgenommen werden. Aufgrund der höheren Effizienz von KWK-Anlagen liegt jedoch grundsätzlich ein sachlicher Grund für die Ungleichbehandlung vor, der eine Ungleichbehandlung rechtfertigt[15].

Des Weiteren stellen oft implementierte Ausnahmen und Befreiungen solcher Letztverbraucher, die einen hohen Stromverbrauch haben (stromintensive Unternehmen), von der Zahlung der Umlage verfassungsrechtlich relevante Ungleichbehandlungen dar, die allerdings mit Blick auf die Erhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit gerechtfertigt sein können[16].

Bei der Gegenfinanzierung der Einspeisevergütung sind die finanzverfassungsrechtlichen Vorschriften des Grundgesetzes zu beachten (Art. 104a ff. GG), wonach der Staat seinen Finanzbedarf grundsätzlich über Steuern zu decken hat, gleichzeitig aber keine Steuerfindungsrecht innehat. Nur unter Einhaltung strenger Vorgaben kann im Einzelfall auch eine Deckung durch Sonderabgaben verfassungsgemäß sein.

Marktprämie

Unter dem Blickwinkel des Grundgesetzes ergeben sich bei Förderung durch ein System von Marktprämien (teilweise als Einspeiseprämie oder Einspeiseboni bezeichnet) dem Grunde nach die

---

[13] *D. Murswiek* in: M. Sachs (Hrsg.), GG, 7. Auflage 2014, Art. 20a Rn. 12 ff.
[14] *F. Sailer/K. Kantenwein* in: J. Reshöft/A. Schäfermeier, EEG, 4. Aufl., Einl. Rn. 27 ff., 161 mwN.
[15] *J. Baur/K. Henk-Merten/P. Matthey/M. Weck*, Förderung von KWK-Anlagen, 2002, S. 213 und vergleichend, da auf ein Quotenmodell bezogen, S. 126 f.
[16] *F. Sailer/K. Kantenwein* in: J. Reshöft/A. Schäfermeier, EEG, 4. Aufl, Einl. Rn. 213 mwN.

gleichen Randbedingungen wie bei einem Einspeisetarif. Demzufolge wird auf die oben dargestellten Aspekte verwiesen.

Ergänzungen sind allerdings bei Varianten zu machen, nach deren Konzeption es zu einer Reduktion oder einem gänzlichen Entfall der Förderzahlungen kommen kann. Insoweit kommt es zu geringeren Beeinträchtigungen, da in diesen Fällen geringere bzw. gar keine Eingriffe in verfassungsrechtlich geschützte Positionen gegeben sein können. Derartige Mechanismen sind sowohl bei einer gleitenden als auch bei einer fixen Marktprämie mit einem festgelegten Korridor angelegt und werden bei Erreichen bzw. Überschreiten eines bestimmten Strompreisniveaus/-korridors relevant.

Quotensystem

Eine Quotenregelung könnte gegenüber Lieferanten, also in erster Linie Energieversorger, und gegenüber Letztverbrauchern eingeführt werden[17].

Die Verpflichtung der Energieversorger als Lieferanten, eine bestimmte Quote Strom aus erneuerbaren Energien (ggf. mit Zertifikaten) zu beziehen, tangiert die von der Berufsfreiheit (Art. 12 Abs. 1 GG) umfasste unternehmerische Freiheit. Bei angemessener Gestaltung der Höhe der Quote (und ggf. des Preises der Zertifikate) ist dieser Eingriff bei einem entkoppelten Modell (getrennte Vermarktung von Strom und Zertifikaten) allerdings grundsätzlich rechtfertigbar, da mit dem Klima- und Umweltschutz Staatsziele von höchstem Rang verfolgt werden (Art. 20a GG)[18]. Ähnliches gilt für zu verpflichtende Letztverbraucher, deren allgemeine Handlungsfreiheit nach Art. 2 Abs. 1 GG durch eine Quotenregelung berührt sein kann.

Zum anderen ist das Gleichheitsgebot bei der Wahl des zur Quote Verpflichteten zu beachten. Aus den maßgebenden Kriterien des Verursacherprinzips, der Lastengleichheit und der Praktikabilität ergibt sich, dass eine Verpflichtung der Letztverbraucher aufgrund des damit verbundenen erheblichen Verwaltungsaufwandes eher nicht zu empfehlen ist.

Relevante Eingriffe in das Gleichheitsgebot des Art. 3 Abs. 1 GG können sich zum einen auch hier durch den Ausschluss bestimmter Energieträger und Technologien und solcher KWK-Strom-Produzenten, die außerhalb gesetzter Schwellenwerte (Effizienz) liegen, vom Verkauf der Zertifikate ergeben. Dadurch wird der Kreis derer, die letztlich Begünstigte einer Quotenregelung sind, begrenzt. Beide Eingriffe können aber grundsätzlich gerechtfertigt werden, da eine effektive Erreichung der verfolgten Umwelt- und

[17] *J. Baur/K. Henk-Merten/P. Matthey/M. Weck*, Förderung von KWK-Anlagen, 2002, S. 106.
[18] *J. Baur/K. Henk-Merten/P. Matthey/M. Weck*, Förderung von KWK-Anlagen, 2002, S. 116; *A. Milkau,* Ansätze zur Förderung der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt, 1. Auflage 2009, S. 204 f.

Klimaziele eine an Effektivität orientierte Förderung von KWK-Anlagen, die aufgrund ihrer Effizienz gegenüber anderen Technologien und deren Gefahren der Vorzug einzuräumen ist, sachlich gerechtfertigt scheint[19].

Investitionshilfen

Bei der Vergabe von Investitionshilfen sowohl in Form von Zuwendungen als auch in Form eines gesetzlichen Anspruchs auf Förderung ist das Gleichheitsgebot (Art. 3 Abs. 1 GG) zu beachten. Etwaige Verstöße durch Ungleichbehandlungen können bei Vorliegen sachlicher Gründe aber gerechtfertigt sein.

Eine Finanzierung in Form von Zuwendungen aus Haushaltsmitteln bedingt die Beachtung finanzverfassungsrechtlicher Vorgaben und deren einfachgesetzlicher Konkretisierungen. So muss der Bund die Zuwendung im Rahmen seiner Finanzierungskompetenz vergeben (Art. 104a GG) und hat bei der Einstellung in den Haushalt (Art. 110 Abs. 1 GG) die zusätzlichen Anforderungen der Bundeshaushaltsordnung (§§ 23, 44 BHO) und des Haushaltsgrundsätzegesetzes (§ 14 HGrG) einzuhalten.

Steuerliche Vergünstigungen

Besondere Beachtung bei der Implementierung steuerlicher Vergünstigungen jedweder Zielrichtung ist dem Gleichheitssatz (Art. 3 Abs. 1 GG) zu zollen. Der weite Spielraum des Gesetzgebers bei der Steuergestaltung muss insbesondere die Grundsätze der Steuergerechtigkeit und der Belastungsgleichheit berücksichtigen. Etwaige Ungleichbehandlungen müssen sachlich gerechtfertigt sein, um den Anforderungen des Art. 3 GG gerecht zu werden.

Ausschreibungen

Ausschreibungen bilden keinen eigenen Fördermechanismus, sondern eine Umsetzungsform dafür. Je nach Wahl des eigentlichen Förderinstrumentes ergeben sich die jeweiligen, bereits dargestellten Anforderungen. Hinzu kommt, dass bei der Ausgestaltung des konkreten Ausschreibungsdesigns zum einen das Gleichheitsgebot (Art. 3 Abs. 1 GG) dergestalt zu beachten ist, dass etwaige, den Kreis der potentiellen Ausschreibungsteilnehmer begrenzende Kriterien sachlich gerechtfertigt sein müssen. Zum anderen ist die Einhaltung genereller Verfassungsprinzipien sicherzustellen. So ist zu gewährleisten, dass unterlegenen Bietern effektive Rechtsschutzmöglichkeiten zur Verfügung stehen (Art. 19 Abs. 4 GG) und Eingriffe in den Vertrauensschutz (Art. 20 Abs. 3 GG) ohne Übergangsregelungen nur möglich sind, wenn andernfalls schwere Nachteile für die Allgemeinheit zu erwarten sind.

---

[19] *J. Baur/K. Henk-Merten/P. Matthey/M. Weck*, Förderung von KWK-Anlagen, 2002, S. 123 ff.

6.5.2 Bewertung finanzieller Fördermechanismen auf Kompatibilität mit EU-Beihilferecht

Die Fördermechanismen des geltenden KWKG wurden von der EU-Kommission für mit dem Binnenmarkt vereinbar erklärt[20]. Diese beihilferechtliche Entscheidung umfasst u.a. die Unterstützung der Erzeugung von KWK-Strom für:

- neue, modernisierte und nachgerüstete KWK-Anlagen in Form einer festen Marktprämie, die im Bereich von mehr als 1 MW bis einschließlich 50 MW durch Ausschreibungen ermittelt werden,
- für bestehende gasbefeuerte KWK-Anlagen in Form einer festen Marktprämie.

Im Falle der Änderung dieser Fördermodalitäten muss eine erneute Notifizierung bei der EU-Kommission erfolgen[21]. Im Folgenden werden daher mögliche Förderinstrumente auf ihre grundsätzliche Vereinbarkeit mit den seitens der EU-Kommission im Rahmen ihrer Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien (UEBLL)[22] festgelegten Kriterien zur Gewährung von Beihilfen für KWK-Anlagen untersucht[23]. Dabei ist primär zwischen Betriebsbeihilfen und Investitionsbeihilfen zu unterscheiden.

Betriebsbeihilfen

Betriebsbeihilfen für KWK mit hoher Energieeffizienz zur Versorgung der Allgemeinheit oder der Industrie können nach Rn. 151 UEBLL grundsätzlich unter den Voraussetzungen gewährt werden, die auch für Betriebsbeihilfen zur Förderung von EE-Strom gelten (Rn. 124 ff. UEBLL).

Einspeisetarife

Einspeisetarife können nach Rn. 125 UEBLL, als Ausnahme zum Grundsatz der Förderung mittels Marktprämie im Zuge der Direktvermarktung, nur noch für Anlagen mit einer installierten Stromerzeugungskapazität von weniger als 500 kW sowie Demonstrationsvorhaben gewährt werden. Einspeisetarife in angemessener

[20] KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany.
[21] KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany, S. 73.
[22] Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2014-2020, ABl. EU Nr. C 200 vom 28.06.2014, S. 1.
[23] Die UEBLL werden aller Voraussicht nach in den Jahren 2018/2019 einer Überprüfung und Überarbeitung seitens der EU-Kommission überzogen. Es ist somit auch möglich, dass für ein künftiges KWK-Fördersystem modifizierte beihilferechtliche Vereinbarkeitskriterien gelten, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht absehbar sind.

Höhe für KWK-Strom aus Anlagen unter 500 kW sind somit grundsätzlich beihilferechtlich genehmigungsfähig.

Marktprämie

Betriebsbeihilfen zur Erzeugung von KWK-Strom müssen nach Rn. 151 i.V.m. Rn. 124 a) UEBLL grundsätzlich als Prämie zusätzlich zu dem Marktpreis gewährt werden, zu dem die KWK-Stromerzeuger ihren Strom direkt auf dem Markt verkaufen. Die Gewährung einer Marktprämie für KWK-Strom mit damit einhergehender Direktvermarktungspflicht entspricht somit den Vorgaben der EU-Kommission für eine genehmigungsfähige Betriebsbeihilfe. Hierbei werden in der Regel sowohl feste als auch gleitende Ausgestaltungen der Marktprämie seitens der EU-Kommission akzeptiert[24]. Die Höhe der Marktprämie muss nach Rn. 126 UEBLL grundsätzlich im Rahmen von Ausschreibungen ermittelt werden und kann nur ausnahmsweise administrativ festgelegt werden (hierzu unter 6.)

Quotensystem

Die EU-Kommission listet zwar in Rn. 234 ff. UEBLL beihilferechtliche Vereinbarkeitskriterien auf, die für „*Beihilfen in Form handelbarer Umweltzertifikate*“ gelten. Die dort aufgelisteten Vereinbarkeitskriterien sind allerdings auf die Zuteilung von Verschmutzungsrechten an bestimmte Wirtschaftsteilnehmer zugeschnitten und sind somit nicht auf den Fall der direkten Förderung des Bezugs von KWK-Strom mittels einer verbindlich vorgegebenen Quote für EVU anwendbar.

Die UEBLL enthalten auch darüber hinaus keine expliziten Aussagen über die Vereinbarkeitskriterien eines solchen Quotensystems für KWK-Strom. Rn. 151 UEBLL verweist für KWK-Betriebsbeihilfen explizit nur auf Abschnitt 3.3.2.1 (Rn. 124-130) UEBLL, der die oben skizzierten Anforderungen an Betriebsbeihilfen für EE-Strom in Form von Marktprämien und Einspeisetarifen enthält. Es erfolgt aber kein Verweis auf Abschnitt 3.3.2.4. (Rn. 135-137) UEBLL, der die Kriterien für Betriebsbeihilfen für erneuerbare Energien in Form von Umweltzertifikaten enthält. Dies bedeutet aber wohl nicht unbedingt, dass eine Förderung von KWK-Strom mittels eines Quotensystems unter Verwendung von Zertifikaten beihilferechtlich ausgeschlossen ist. Nach der Rechtsprechung des EuGH behalten die Mitgliedstaaten die Möglichkeit, bei der EU-Kommission auch geplante staatliche Beihilfen anzumelden, die nicht den in Beihilfemitteilungen vorgesehenen Kriterien entsprechen[25]. In einem begründeten Ausnahmefall oder im Falle einer Regelungslücke kann

[24] Vgl. für eine fixe Marktprämie: KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany, Rn. 164. Für eine flexible Marktprämie: COM C(2016) 8789 final vom 20.12.2016, SA.45461 (2016/N) – Germany EEG 2017, Rn. 182 ff.

[25] EuGH C-526/14 vom 19.07.2016, ECLI:EU:C:2016:767 – Kotnik u. a., Rn. 41; vgl. zuvor bereits EuGH C-431/14 P vom 08.03.2016, EU:C:2016:145 – Griechenland/Kommission, Rn. 72.

die Kommission dann auch einen atypischen Fall für mit den beihilferechtlichen Anforderungen vereinbar erklären. Hier liegt die Annahme einer Regelungslücke nahe. So hatte die EU-Kommission etwa bereits in der erfolgten Genehmigung des KWKG für Betriebsbeihilfen für bestehende gasbefeuerte KWK-Anlagen eine Regelungslücke erkannt und sich in ihrer Beurteilung an die in Rn. 132 ff. UEBLL aufgestellten Kriterien für bestehende Biomasseanlagen angelehnt[26]. Auch im Fall einer Betriebsbeihilfe für KWK-Strom mittels Zertifikaten erscheint die Annahme einer solchen Regelungslücke naheliegend. In Anlehnung an die Vereinbarkeitskriterien nach Rn. 136 UEBLL könnte die EU-Kommission somit ein Quotensystem mit Zertifikaten als mit dem Binnenmarkt vereinbar ansehen. Die Bundesregierung müsste in einem beihilferechtlichen Genehmigungsverfahren hinreichend nachweisen, dass

1. diese Unterstützung unverzichtbar ist, um die Rentabilität der betreffenden KWK-Anlagen sicherzustellen,
2. die Förderung über die gesamte Laufzeit der Regelung und in Bezug auf alle Technologien oder auf einzelne weniger etablierte Technologien, wenn eine Differenzierung nach der Zahl der Umweltzertifikate pro Produktionseinheit eingeführt wurde, nicht zu einer Überkompensation führt und
3. diese Unterstützung Betreiber von KWK-Anlagen nicht davon abhält, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

Ausschreibungen

Ausschreibungen sind beihilferechtlich nicht als Förderinstrument an sich einzuordnen, sondern als Mittel zur Ermittlung der angemessenen Höhe einer Beihilfe. Insbesondere wird seitens der EU-Kommission die Durchführung einer Ausschreibung zur Ermittlung der Höhe einer Marktprämie für Strom aus KWK-Anlagen über 500 kW nach Rn. 151 i.V.m. Rn. 126 UEBLL (vgl. hierzu unter 2.) grundsätzlich gefordert. Ein gänzlicher Verzicht auf Ausschreibungen nach Rn. 126 Uabs. 3 UEBLL ist nur möglich, wenn nachgewiesen werden kann, dass

- nur ein Vorhaben/Standort bzw. sehr begrenzte Anzahl an Vorhaben/Standorten beihilfefähig wäre (lit. a),
- die Ausschreibung zu einem höheren Förderniveau führen wurde (lit. b)
- eine Ausschreibung dazu führen würde, dass nur wenige Vorhaben verwirklicht werden (Verzicht auf Ausschreibung zur Vermeidung der Unterbietung) (lit. c).

[26] KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany, Rn. 194 ff.

Im Rahmen des Beihilfeverfahrens zum geltenden KWKG konnte sich Deutschland für KWK-Anlagen über 50 MW auf den Ausnahmegrund nach Rn. 126 Uabs. 3b) UEBLL berufen[27].

Daneben können nach Rn. 127 UEBLL KWK-Anlagen mit einer installierten Stromerzeugungskapazität von weniger als 1 MW und Demonstrationsvorhaben von den Ausschreibungen ausgenommen werden. Für KWK-Anlagen bis einschließlich 1 MW wurde hiervon auch im Rahmen des geltenden KWKG Gebrauch gemacht[28].

Investitionsbeihilfen

Investitionskostenzuschüsse

Investitionskostenzuschüsse für den Bau von KWK-Anlagen sind grundsätzlich beihilferechtlich möglich. Grundsätzlich beihilfefähig sind dabei die Investitionsmehrkosten nach Rn. 73 UEBLL. Es gelten dabei die allgemein für Energieeffizienzmaßnahmen einschließlich KWK geltenden Kriterien der Rn. 139-149 UEBLL i.V.m. den allgemeinen Vereinbarkeitskriterien für Investitionsbeihilfen. Anhang 1 der UEBLL begrenzt die Beihilfeintensitäten für KWK-Anlagen. Werden die Investitionsmehrkosten ohne Ausschreibungen ermittelt, darf die Beihilfeintensität im Fall von großen Unternehmen 45 % der Investitionsmehrkosten nicht überschreiten. Bei mittleren Unternehmen[29] gilt eine Grenze von 55 %, bei kleinen Unternehmen[30] in Höhe von 65 %. Sollte die Höhe des Investitionskostenzuschusses durch Ausschreibungen ermittelt werden, kann die Beihilfeintensität 100 % der Investitionsmehrkosten betragen.

Steuerliche Vergünstigungen

Die hier beihilferechtlich zu bewertenden, steuerlichen Vergünstigungen beziehen sich auf die Investitionen in eine Neuanlage oder die Modernisierung einer bestehenden KWK-Anlage, nicht auf den Betrieb selbst (z.B. über die steuerliche Behandlung der eingesetzten Energieträger). Damit soll nicht die Erzeugung des KWK-Stroms selbst, sondern die Errichtung oder Modernisierung von KWK-Anlagen durch steuerliche Vergünstigungen in Bezug auf die hierfür erforderlichen Investitionskosten angereizt werden. Die UEBLL enthalten zwar ein Kapitel über Beihilfen für Energieinfrastrukturen (Rn. 201 ff. UEBLL), damit ist aber nach der Definition

[27] KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany, Rn. 174.
[28] KOM C(2016) 6714 final vom 24.10.2016, SA.42393 (2016/C) (ex 2015/N) – Germany – Reform of support for cogeneration in Germany, Rn. 171.
[29] Ein mittleres Unternehmen ist ein Unternehmen, das die folgenden Kriterien erfüllt: Es beschäftigt weniger als 250 Personen und hat einen Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. EUR bzw. eine Jahresbilanzsumme von höchstens 43 Mio. EUR.
[30] Ein kleines Unternehmen ist ein Unternehmen, das die folgenden Kriterien erfüllt: Es beschäftigt weniger als 50 Personen und hat einen Jahresumsatz bzw. eine Jahresbilanzsumme von höchstens 10 Mio. EUR.

in Rn. 19 Nr. 31a) UEBLL die Netzinfrastruktur gemeint und somit keine Investitionen in eine Erzeugungsanlage. Daneben werden Steuererleichterungen explizit in den Rn. 167 ff. UEBLL angesprochen. Die dort niedergelegten Vereinbarkeitskriterien beziehen sich aber auf „*Umweltsteuerermäßigungen oder -befreiungen*". Solche Steuern werden auf umweltschädigendes Verhalten erhoben. Dazu gehören auch Energiesteuern. Damit würden für die Bewertung von Steuererleichterungen für Investitionen in KWK-Anlagen aller Voraussicht nach die allgemeinen Vereinbarkeitskriterien für Investitionsbeihilfen für Energieeffizienzmaßnahmen einschließlich hocheffizienter KWK (Rn. 138-148 UEBLL) herangezogen werden. Diese können auch Modernisierungen umfassen, vgl. Rn. 139 UEBLL. Allerdings müssen diese Beihilfen im Hinblick auf die Verwirklichung der damit verfolgten Ziele insbesondere die Kriterien der Erforderlichkeit, des Anreizeffekts, der Geeignetheit und der Angemessenheit erfüllen. Eine mögliche Vereinbarkeit kann abschließend erst beurteilt werden, wenn Gegenstand und Höhe der Steuerbefreiung näher festgelegt sind. Zudem wäre jeweils zu prüfen, ob insgesamt die zulässigen Förderhöchstintensitäten[31] nicht überschritten werden. Soweit es sich um dieselben förderfähigen Kosten handelt, sind zusätzlich später hinzukommende Betriebsbeihilfen wie die derzeitige KWKG-Förderung zu berücksichtigen (Kumulierung).

6.5.3 Fazit der rechtlichen Bewertung

Als Fazit der rechtlichen Einschätzung kann festgehalten werden, dass gegen die – teilweise bereits seit längerem in der Praxis gelebten Fördermechanismen – weder nach verfassungsrechtlichen noch nach beihilferechtlichen Gesichtspunkten durchgreifende Bedenken bestehen, die die Umsetzbarkeit gänzlich ausschließen würden. Alle Fördermechanismen können daher der eingehenden nicht-juristischen Bewertung (siehe Abschnitt 6.6) zugeführt werden. Es lassen sich jedoch Unterschiede feststellen, die eine gewisse Gewichtung bzw. Präferenz entsprechend der nachstehenden Tabelle 37 zulassen. Danach stellen die verschiedenen Varianten der Marktprämie sowie Ausschreibungen als Mittel zur Festlegung der Beihilfe sowohl verfassungsrechtlich als auch überwiegend beihilferechtlich geeignete Instrumente dar, sodass diese überwiegend positiv, zumindest aber neutral bewertet werden können.

Eher weniger geeignet und daher neutral zu beurteilen sind bestimmte Gegenfinanzierungsmodelle von Fördermechanismen sowie grundsätzlich die Fördermechanismen für steuerliche Vergünstigungen, Investitionsbeihilfen sowie Quotensysteme. Einer besonderen Beurteilung unterliegt der Fördermechanismus der

[31] Dies sind auch die in Anhang I UEBLL niedergelegten Beihilfeintensitäten. Im Fall von großen Unternehmen 45% der Investitionsmehrkosten, bei mittleren Unternehmen gilt eine Grenze von 55%, bei kleinen Unternehmen von 65%.

Einspeisevergütungen, da dieser zwar verfassungsrechtlich unbedenklich ist, beilhilferechtlich aber zu beachten ist, dass nach geltender Rechtslage (Rn. 125 UEBLL) dieser Mechanismus nur im Marktsegment für Anlagen mit einer Leistung von weniger als 500 kW erlaubt ist.

Die ausführlichere rechtliche Prüfung ist stets von der konkreten Ausgestaltung des gewählten Förderinstrumentes abhängig. Auch bestimmte Gegenfinanzierungsmechanismen können zu verfassungs- oder beihilferechtlichen Bedenken führen.

Tabelle 37: Rechtliche Bewertung der Förderinstrumente

Bewertungskriterien	**A Einspeisevergütung**	**B Gleitende Marktprämie**	**C Marktprämie fix mit Korridor**	**D Marktprämie fix**	**E Ausschreibungen**	**F Steuerliche Vergünstigungen**	**G Investitionshilfen**	**H Quotensystem**
Verfassungsrechtliche Aspekte	+	+	+	=/+	=	=	=	=
Beihilferechtliche Aspekte	-	+	+	+	+	=	+	=

Quelle: Stiftung Umweltenergierecht, 2017

6.6 Nichtjuristische Bewertung der Förderinstrumente

6.6.1 Einzelbewertung der Instrumente bei kurzfristiger Perspektive

Im Folgenden werden die betrachteten Förderinstrumente hinsichtlich der in Kapitel 6.3.1 beschriebenen Bewertungskriterien einzeln bewertet und diese Bewertungen jeweils in einer Tabelle zusammengefasst. Zu Kriterium 8 (Anpassbarkeit der Förderstruktur an neue Herausforderungen) gibt es eine Matrix, in der die intentionsgetreue Integrierbarkeit wesentlicher Ausgestaltungselemente in die einzelnen Instrumente zusammengefasst ist; diese findet sich als Tabelle 46 / Tabelle 47 am Ende dieses Abschnittes. Abgeschlossen wird dieses Kapitel von einer tabellarischen Übersicht aller Instrumente und Bewertungen (Tabelle 48 auf Seite 181).

6.6.1.1 Einspeisevergütung

Die Einzelbewertungen der Einspeisevergütungen weist eine große Heterogenität auf: es kommt sowohl zu einer sehr schlechten, aber auch zu sehr guten Bewertungen.

Das geförderte Gut ist die KWK-Stromerzeugung; d. h., dass die Fördersumme umso höher ausfällt, je mehr KWK-Strom produziert wird. Dadurch wird das Primärziel des KWKG direkt adressiert, was für das Kriterium Effektivität positiv zu bewerten ist.

Allerdings ist die Förderhöhe unabhängig vom Produktionszeitpunkt und somit gibt es keinen zusätzlichen Anreiz, die Betriebsführung an das Strompreissignal anzupassen. Das Sekundärziel des KWKG wird demnach nicht direkt adressiert; die KWK-Erzeugung ist unabhängig von der Verfügbarkeit der EE, so ist nicht zu jedem Zeitpunkt die Einsparung von CO_2-Emissionen gesichert. Damit ergibt sich eine schlechte Bewertung beim Kriterium Systemdienlichkeit Strommarkt.

Die Kosteneffizienz ist grundsätzlich gegeben, da die Höhe der Förderkosten direkt proportional zur KWK-Stromerzeugung ist. Durch die fehlende Kopplung an das Strompreissignal besteht jedoch die Gefahr von Mitnahmeeffekten oder einer Überförderung, da die Förderung auch zu Marktzeiten erfolgt, in denen die Erlöse auch ohne die Förderung auskömmlich wären.

Auf die Strommarktkompatibilität der Investition hat die Fördermethode weder einen positiven noch negativen Einfluss, da kein direkter Anreiz besteht, die Flexibilität durch zusätzliche Systemkomponenten zu erhöhen.

Die Auswirkungen auf EE-Stromanlagen werden tendenziell negativ bewertet, da die KWK-Anlagen auch zu Zeiten mit viel EE-Strom am Markt produzieren und sich so ein kleiner „Merit-Order-Effekt“ ergibt, der dann den Strompreis und damit die Vergütung für EE-Strom senken würde, was deren Wirtschaftlichkeit und damit die Investitionsbereitschaft negativ beeinflusst.

Eine analoge, negative Bewertung ergibt sich in Bezug auf das Kriterium Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen. Da der Betrieb der KWK-Anlagen durch das fehlende Strompreissignal ausschließlich wärmegeführt erfolgt, gibt es weniger Raum für EE-Wärme als bei einem Betrieb, der strommarktgeführt zu anderen Betriebszeiten erfolgt. Es besteht daher die Gefahr der Verdrängung von EE-Wärme.

Das Kriterium Verteilungseffekte wird neutral bewertet, da die Förderung bei gleichen Vergütungssätzen eine einheitliche Wirkung für alle Akteure entfaltet und es somit nicht zu ungewollten Verteilungseffekten kommt.

In Bezug auf die Anpassbarkeit der Förderstruktur liefert Tabelle 47 die Einzeleinschätzungen; insgesamt ergibt sich bei diesem Kriterium eine mittlere Bewertung.

Die Regulierungsrisiken werden als gering eingeschätzt, weshalb sich für dieses Kriterium eine gute Bewertung ergibt. Grund dafür ist, dass es gut möglich ist, Modellfälle für verschiedene Anwendungsfälle zu definieren und diese für Musterrechnungen zu nutzen. Damit kann die Förderhöhe auf Basis einer begrenzten Anzahl an abzuschätzenden Parametern festgelegt werden, so dass eine Fehlparametrisierung vermieden werden kann. Das Fördersystem ist robust gegenüber veränderten Marktbedingungen, also vor allem dem Verhältnis von Brennstoffpreisen zu Einnahmen, denn die Förderwirkung ist bei geändertem Marktumfeld noch gegeben. Auch die Konzipierung des Förderinstruments ist mit einem geringen Aufwand verbunden.

Beim Kriterium Unternehmensrisiken ergibt sich eine sehr gute Bewertung, da es sich um ein sehr einfaches Fördersystem handelt, dessen Effekt sehr gut kalkulierbar ist; auch hier ist der Hauptgrund der fehlende Einfluss unsicherer Strompreise.

Das Förderinstrument bekommt eine positive Bewertung in Bezug auf die Möglichkeit der europäischen Integration, weil es sich um ein einfaches System handelt, in dem die Höhe der Förderung zudem keine Abhängigkeit von unterschiedlichen Strommärkten und -preisen aufweist.

In Tabelle 38 sind die Einzelbewertungen für das Instrument Einspeisevergütungen zusammengefasst.

Tabelle 38: Bewertungen des Förderinstrumentes Einspeisevergütung

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
+	=	- -	=	-	-	=	=	+	++	+

Quelle: IFAM, Öko-Institut 2017

6.6.1.2 Gleitende Marktprämie

Für die gleitende Marktprämie ergeben sich in etwa gleicher Anzahl schlechte, durchschnittliche, aber auch gute Bewertungen.

Auch mit der gleitenden Marktprämie besteht eine hohe Effektivität zur Erreichung des Primärziels (Steigerung der Stromproduktion) bei gleichzeitiger Nicht-Adressierung des Sekundärzieles (Zeitpunktes der Stromproduktion und die Einsparung von CO_2-Emissionen). Die Kosteneffizienz wird als neutral bewertet, da die Förderung die zusätzlichen Kosten der KWK-Erzeugung abdecken, aber andererseits Mitnahmeeffekte bzw. eine Überförderung möglich sind, da die Förderung vom Strompreis weitgehend unabhängig ist.

Für das Kriterium Systemdienlichkeit Strommarkt fällt die Bewertung deshalb nicht ganz so schlecht aus wie bei der Einspeisevergütung, da das Strompreissignal bei hohen Strompreisen erhalten bleibt (auch wenn es relativ zu den niedrigen Preisen, die durch die Förderung ausgeglichen werden, gedämpft wird) und somit zu diesen Zeiten ein geringer zusätzlicher Anreiz besteht zu produzieren. Dieser Anreiz wird jedoch als zu gering eingeschätzt, um auf die Strommarktkompatibilität der Investition einen positiven Einfluss zu haben, da die Flexibilität der Anlage (und die daraus resultierende, zusätzliche Einnahme) nur sehr begrenzt erhöhen würde.

Die Wertungen in den Kriterien Auswirkungen auf EE-Stromanlagen, Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen, Verteilungseffekte, Anpassbarkeit der Förderstruktur und die Regulierungsrisiken werden identisch zu den Bewertungen der Einspeisevergütung vorgenommen.

Im Vergleich zu der Einspeisevergütung sind die Unternehmerrisiken zwar ebenfalls weitgehend gut kalkulierbar, es besteht aber eine Unsicherheit hinsichtlich der Zeiten von hohen Strompreisen. Deshalb wird hier eine lediglich gute Bewertung vorgenommen.

Im Hinblick auf die europäische Integration haben gleitende Marktprämien im Vergleich zu der Einspeisevergütung den Nachteil, dass sie die Zusammenführung von nationalen Fördersystemen erschweren würden. Das Instrument erfordert für eine Parametrisierung einen einheitlichen Strompreis, jedoch gibt es landesspezifische Strompreise als Bezugsgröße. Dies führt trotz der relativen Einfachheit des Systems zu einer neutralen Bewertung.

In Tabelle 39 sind die Einzelbewertungen für das Instrument Gleitende Marktprämie zusammengefasst.

Tabelle 39: Bewertungen des Förderinstrumentes Gleitende Martkprämie

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
+	=	-	=	-	-	=	=	+	+	=

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.3 Fixe Marktprämie mit Korridor

Die fixe Marktprämie mit Korridor weist in allen Kriterien durchschnittliche oder positive Bewertungen auf.

Die fixe Marktprämie mit Korridor wird hinsichtlich ihrer Effektivität zur Erreichung des Primärziels „Steigerung der Stromproduktion“ als sehr gut bewertet, da diese mit der Mindestvergütung bei niedrigen Strompreisen direkt adressiert wird. Auch die Kosteneffizienz wird im Vergleich zur Einspeisevergütung und gleitender Marktprämie positiv bewertet, da ein Großteil der Einnahmen der Anlagenbetreiber aus dem Stromerlös kommt und somit das Risiko von Mitnahmeeffekten gering ist.

Das Strompreissignal kommt gedämpft an; durch die Mindestvergütung wird jedoch kontinuierlich der Anreiz erhöht, auch zu Zeiten von niedrigen Strompreisen zu produzieren (und damit zu Zeiten mit viel EE-Strom); der Anreiz zur Produktion bei hohen Strompreisen ist jedoch höher (bis der „obere Deckel“ greift), sodass die Bewertung des Kriteriums Systemdienlichkeit Strommarkt insgesamt neutral ausfällt.

Das Kriterium Strommarktkompatibilität der Investition wird bei der fixen Marktprämie mit Korridor nochmals positiver bewertet als bei den oben bewerteten Instrumenten, da die Strommarkterlöse einen größeren Einfluss auf die Gesamterlöse haben und somit ein höherer Anreiz für eine flexible Fahrweise besteht. Außerdem bestehen durch die Festlegung des Min-Max-Korridors weitere Steuerungsmöglichkeiten.

Die Auswirkungen auf EE-Stromanlagen werden als neutral bewertet, da die KWK-Anlagen mit einer fixen Marktprämie mit Korridor zu Zeiten niedriger Strompreise, wenn EE-Stromerzeuger tendenziell viel Strom produzieren, nicht zu einem Betrieb angereizt werden (solange der untere Deckel nicht zu hoch angesetzt ist).

So besteht für KWK-Betreiber selbst nur ein schwacher, indirekter Anreiz zu parallelen Investitionen. Auch in Bezug auf Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen ergibt sich eine neutrale Bewertung, da größere Anreize in Wärmespeicher und Wärmenetze als begünstigende Voraussetzungen fehlen.

Wie auch bei den oben beschriebenen Förderinstrumenten werden die Auswirkungen auf die Verteilungseffekte als neutral bewertet. Einen Vorteil haben lediglich diejenigen Anlagenbetreiber, die ihre Anlagen stärker stromgeführt betreiben können, weil sie beispielsweise Wärmespeicher zur Verfügung haben und die Wärmeversorgungsaufgabe zeitlich von der Strom- und Wärmeerzeugung entkoppeln können.

In Bezug auf die Anpassbarkeit der Förderstruktur liefert Tabelle 47 die Einzeleinschätzungen; insgesamt ergibt sich bei diesem Kriterium eine gute Bewertung, da der Korridor zusätzlichen Gestaltungsspielraum gibt.

Die Regulierungsrisiken bei dem Instrument Fixe Marktprämie mit Korridor werden mit neutral bewertet: Die Modellfälle sind gut definierbar für Musterrechnungen, allerdings ist der Förderbedarf nur mäßig gut kalkulierbar, da der Strompreis sehr relevant ist. Eine potenzielle Fehlregulierung ist einschränkbar, da diese über den Korridor sowohl hinsichtlich der Höchst- und Niedrigstpreise abgepuffert werden kann.

Die Unternehmensrisiken werden dagegen als mit gut bewertet, da es zwar Unsicherheiten über Einnahmen durch den Einfluss des Strompreises gibt, diese aber durch den Korridor stark gemildert werden.

Wie auch bei der fixen Marktprämie hat die fixe Marktprämie mit Korridor im Hinblick auf die europäische Integration den Nachteil, dass sie für eine Parametrisierung einen einheitlichen Strompreis als Bezugsgröße erfordert, es jedoch gebotszonen- oder landesspezifische Strompreise gibt; dies führt zu einer neutralen Bewertung.

Die folgende Tabelle 40 zeigt als Zusammenfassung die Einzelbewertungen für das Instrument Fixe Marktprämie mit Korridor.

Tabelle 40: Bewertungen des Förderinstrumentes Fixe Marktprämie mit Korridor

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
++	+	=	+	=	=	=	+	=	+	=

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.4 Fixe Marktprämie

Die fixe Marktprämie erhält in allen Kriterien mindestens eine durchschnittliche, häufig aber eine positive Bewertung.

Hinsichtlich des Kriteriums der Effektivität der Förderung ist das Primärziel KWK-Stromproduktion somit zwar direkt adressiert, aber etwas weniger stark als bei der fixen Marktprämie mit Korridor, da Anlagen bei niedrigen Marktpreisen keine durch einen „unteren Deckel“ garantierte erhöhte Förderung bekommen. Dafür bewirkt dieser fehlende obere und untere Deckel eine bessere Systemdienlichkeit auf dem Strommarkt: Das Strompreissignal kommt vollständig beim Betreiber an, allerdings gedämpft durch die Förderung, die das Verhältnis vom hohen zum niedrigen Preis abmildert.

Die Kosteneffizienz wird mit gut bewertet, da die Förderkosten direkt proportional der KWK-Stromerzeugung sind. Mitnahmeeffekte bei hohen Strompreisen werden allerdings nicht ausgeschlossen.

Auch bei der Fixen Marktprämie wird das Kriterium Strommarktkompatibilität der Investition positiv bewertet, da die Strommarkterlöse einen großen Einfluss auf die Gesamterlöse haben und somit ein höherer Anreiz für eine flexible Fahrweise und für Investitionen in Richtung Flexibilität besteht.

Auch unter dieser Förderung werden KWK-Anlagen tendenziell selten zu Zeiten mit viel EE-Strom produzieren. Es besteht demnach auch für KWK-Betreiber selbst nur ein schwacher, indirekter Anreiz zu parallelen Investitionen in EE-Stromanlagen, was zu einer neutralen Bewertung in Bezug auf Auswirkungen auf EE-Stromanlagen führt.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen gibt es einen positiven Effekt: Da sich ein stromgeführter Betrieb lohnt, wird eine Flexibilisierung der Wärmeseite durch Investitionen in Wärmespeicher und Wärmenetze angeregt. Diese wiederum

begünstigen die Investition und den Betrieb von EE-Wärmeanlagen als zusätzliche Integrationsmöglichkeit gleichermaßen.

Die Verteilungseffekte werden als neutral bewertet, da bei der Fixen Marktprämie die Förderung bei gleichen Vergütungssätzen eine einheitliche Wirkung für alle Akteure entfaltet. Die Anpassbarkeit der Förderstruktur wird in Tabelle 47 als sehr gut ausgewiesen.

Mit fixen Marktprämien sind Modellfälle gut definierbar für Musterrechnungen. Der Förderbedarf und die Förderwirkung sind dagegen schlechter kalkulierbar, da der für den Betreiber nicht vorhersehbare Strompreis die Einnahmen dominiert. Aus diesem Grund werden die Regulierungsrisiken als neutral bewertet.

Die Unternehmensrisiken sind dagegen als höher einzuschätzen als bei den oben beschriebenen Förderinstrumenten, da der nicht vorhersehbare Strompreis, als eine wesentliche Komponente der Einnahmen, dazu führen kann, dass die Anlage in vielen Stunden des Jahres trotz Wärmebedarfs nicht wirtschaftlich einsetzbar ist.

Dieses Instrument wird hinsichtlich der Möglichkeiten der europäischen Integration als positiv eingestuft, da es keinen einheitlichen Strompreis als Bezugsgröße erfordert und leicht umsetzbar erscheint. Allerdings ist die Förderwirkung in verschiedenen Ländern mit unterschiedlichen Strompreisen, ebenso wie bei der Einspeisevergütung, nicht einheitlich.

Die folgende Tabelle 41 zeigt als Zusammenfassung die Einzelbewertungen für das Instrument Fixe Marktprämie.

Tabelle 41: Bewertungen des Förderinstrumentes Fixe Marktprämie

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
+	+	+	+	=	+	=	++	=	=	+

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.5 Ausschreibungen

Ausschreibungen erhalten zumeist gute Einzelbewertungen. Ihre Bewertung ist an einigen Stellen stark von der Ausgestaltungsart abhängig. Die hier vorgenommene Bewertung beruht auf einer Ausschreibung im Sinne der derzeit in Deutschland praktizierten

Ausgestaltung, wobei sich die Gebote auf eine Fixe Marktprämie beziehen. Das geförderte Gut ist somit die KWK-Stromerzeugung. Das Ausschreibungsvolumen wird als KWK-Leistung vorgegeben und die jährlichen Vollbenutzungsstunden sind limitiert. Die Berücksichtigung der Modernisierung von Bestandsanlagen erfolgt über unterschiedliche Förderdauern. Abgesehen von der Gestaltung des Förderbetrags wirkt die Förderung an vielen Stellen ähnlich wie die Fixe Marktprämie.

Im Gegensatz zu dieser wird deshalb das Kriterium der Kosteneffizienz bei den Ausschreibungen sehr positiv bewertet, schließlich ergibt sich der Förderbetrag nach einem wettbewerblichen System. Die Höhe der Förderung entspricht damit dem Betrag, den die Anlagenbetreiber als erforderlich ansehen, um die Anlage wirtschaftlich zu betreiben. Dieses Argument kommt vor allem bei der Gebotspreisregel zum Zuge, wie in der aktuellen Ausgestaltung der Ausschreibungen (im Gegensatz zur Einheitspreisregel).

Da die erfolgte KWK-Stromerzeugung mit dem Förderbetrag verbunden ist, gibt es einen eindeutigen Anreiz zur Stromerzeugung. Deshalb wird eine gute Bewertung vergeben für die Effektivität in Bezug auf die Erreichung des primären KWKG-Ziels. Allerdings gibt es durch das direkte Strompreissignal keine Anreize zur Erzeugung bei niedrigen Strompreisen. Dieser für die Effektivität des Instrumentes abträgliche Aspekt wird positiv gewertet in Hinblick auf die Systemdienlichkeit für den Strommarkt. Eine gute Bewertung ergibt sich für dieses Kriterium, da das Strompreissignal direkt und nur mit einer geringen Dämpfung ankommt. Neben dem Anreiz zu einem systemdienlichen Betrieb besteht auch ein Anreiz zu strommarktkompatiblen Investitionen, denn der Betrieb der Anlage und damit die Einnahmen hängen vom Börsenpreis ab. Dadurch ergibt sich auch hinsichtlich der Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen ein positiver Effekt: Mit dem stromgeführten Betrieb der KWK-Anlage und der Investition in Flexibilisierungselemente werden auch Investitionen in Wärmespeicher und Wärmenetze angeregt, die wiederum Spielraum für die Investition und Integration von EE-Wärmeanlagen beim gleichen Akteur anreizen können.

Auch ergibt sich ein schwacher und indirekter Anreiz für die Betreiber, eine Investition in EE-Stromanlagen zu tätigen, der neutral in die Bewertung einfließt. Grund für den Anreiz ist, dass die Anlagenbetreiber Interesse entwickeln können, in EE-Anlagen zu investieren, die komplementär in Zeiten mit niedrigen Börsenpreisen gewinnbringend Strom produzieren können.

Ähnlich wie bei der Einspeisevergütung und der Fixen Marktprämie wird der Aspekt der europäischen Integration positiv bewertet, da kein einheitlicher Strompreis als Bezugsgröße erforderlich ist. Die Erlöse der Anlagen beruhen, neben den KWK-Zuschlägen, auf den Strompreisen des lokalen Strommarktes. Damit ist die Förderwirkung in verschiedenen Ländern durch unterschiedliche Börsenstrompreise und verschiedene steuerliche Regelungen nicht

einheitlich, so dass nicht unbedingt die gleichen Voraussetzungen bei den Auktionen für alle Akteure vorliegen. Die verschiedenen Energiemärkte können damit zu einem anderen Gebotsverhalten der ausländischen Mitbewerber führen oder Akteure im Ausland können die Höhe von chancenreichen Angebotspreisen ggf. schlechter beurteilen als nationale Wettbewerber. Es wird deshalb als unsicher angesehen, ob eine vollständige Gleichstellung der Akteure aus verschiedenen Ländern vorliegen kann.

Die folgenden Aspekte werden jedoch anders als bei der Fixen Marktprämie bewertet: Es wird davon ausgegangen, dass der Aufwand des Angebotsverfahrens professionellere, größere Anbieter bevorteilt und es damit zu größeren Verteilungseffekte kommen kann als bei Instrumenten mit geringerem Planungs- und Organisationsaufwand. Weil dieser erhöhte Aufwand von größeren Akteuren leichter in Kauf genommen werden kann, erhält das Instrument eine negative Bewertung. In dieser Hinsicht werden auch die Unternehmensrisiken höher, also negativ bewertet. Denn zusätzlich dazu, dass der Betrieb und damit die Erlöse einer Anlage weitgehend vom unsicheren Strompreis bestimmt werden, müssen auch erhöhte Planungskosten für die Ausschreibungen und Risiken bei falscher eigener Kalkulation (bei Produktionszwang) sowie Pönalen bei nicht erfolgter oder verspäteter Inbetriebnahme in Kauf genommen werden. Relevant für die Risiken ist auch unbedingt das Ausmaß der Präqualifikation für die Erstellung des Gebotes. Mit zunehmender Anzahl der Ausschreibungsrunden steigt im Allgemeinen jedoch die Kenntnis in Bezug auf das Verfahren, insbesondere bei ausreichender Transparenz über die Ergebnisse früherer Runden.

Eine gewisse Anpassbarkeit der Förderstruktur wird durch die Anzahl der Ausschreibungsrunden und der ausgeschriebenen Leistungen sowie ggfs. Segmentierung schon im System angelegt. Eine Reaktion auf Marktentwicklungen ist damit indirekt nur über Ausschreibungsrunden möglich. Da einige Elemente jedoch grundsätzlich mit diesem Instrument nicht adressiert werden können (siehe Tabelle 47), ergibt sich insgesamt eine neutrale Bewertung.

Im Vergleich zur Fixen Marktprämie werden geringere Regulierungsrisiken gesehen, so dass eine gute Bewertung vergeben wird: Der Regulator braucht weniger Informationen über den Markt und die Kostenstrukturen der Akteure. Das Risiko einer Fehlparametrisierung bezieht sich ausschließlich auf das Ausschreibungsdesign und die ausgeschriebene Menge. Das Instrument ist relativ robust, denn es lässt sich bei geändertem Marktumfeld, bei geeigneter Konzipierung des Ausschreibungssystems, mit Wirkung auf die nächsten Ausschreibungsrunden anpassen.

Tabelle 42: Bewertungen des Förderinstrumentes Ausschreibungen

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
+	++	+	+	=	+	-	=	+	-	+

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.6 Steuerliche Vergünstigungen

Das Instrument der steuerlichen Vergünstigungen bekommt in den meisten der untersuchten Kriterien eine negative Bewertung. Betrachtet werden hier nur steuerlichen Vergünstigungen in Bezug auf die Investitionen in eine Neuanlage oder die Modernisierung einer bestehenden KWK-Anlage, nicht auf den Betrieb selbst. Anders als bei den anderen betrachteten Instrumenten ist damit das geförderte Gut die installierte Leistung und nicht die KWK-Stromerzeugung. Dadurch wird das Strompreissignal anders als bei den vorhergehend genannten Instrumenten vollständig ungedämpft wirksam. Damit wird der Aspekt der strommarktkompatiblen Investitionen besonders positiv bewertet, denn Investitionen in Neuanlagen werden direkt angereizt. Das bedeutet, dass ein zusätzlicher Impuls für Investitionen in die flexible Ausgestaltung des KWK-Systems, also die Ergänzung der KWK-Anlage um weitere Erzeugungssysteme inkl. Speicher, gegeben ist.

Eine neutrale Bewertung ergibt sich wegen des direkten Strompreissignals in Bezug auf die Auswirkungen auf EE-Stromanlagen, denn durch die starke Abhängigkeit der KWK-Erzeugung vom Strompreis ergibt sich ein schwacher, indirekter Anreiz zu parallelen Investitionen in EE-Anlagen.

Die Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen werden als neutral eingeschätzt, weil es zwar begünstigenden Flexibilisierungsanreize für mögliche Investitionen in Wärmespeicher und Wärmenetze gibt, diese aber geringer ausfallen als bei den Instrumenten, in denen die Fördersumme ebenfalls vom Betriebsverhalten der Anlage abhängt.

Der entscheidende Nachteil dieses Instrumentes ist im Fehlen der Anreizwirkung für den Betrieb der Anlage zu sehen, so dass die Effektivität negativ bewertet wird. Die Stromproduktion erfolgt nur zu Zeiten, in welchen der Börsenstrompreis so hoch ist, dass sich der Betrieb rentiert. Damit wird das Primärziel des KWKG nicht

direkt adressiert und nicht effektiv verfolgt. Durch steuerliche Vergünstigungen für die Modernisierung von Bestandsanlagen könnte jedoch ein Weiterbetrieb von KWK-Anlagen und damit indirekt deren weitere KWK-Stromerzeugung gefördert werden.

Die fehlende Wirkung auf die KWK-Stromerzeugungsmenge oder die Betriebsführung wirkt sich auch negativ auf die Bewertung der Kosteneffizienz aus, da kein direkter Zusammenhang zwischen der Förderhöhe und dem Primärziel besteht. Auch wird durch die fehlende Förderung des tatsächlichen Betriebs der Anlagen die Systemdienlichkeit am Strommarkt für das Instrument als neutral eingestuft, obwohl das direkte Strompreissignal einen flexiblen Betrieb der Anlage aus dem Interesse der Anlagenbetreiber heraus sichert.

Negativ wird der Aspekte der Verteilungseffekte bewertet, denn von steuerlichen Vergünstigungen können nicht alle Marktakteure gleichermaßen profitieren, so dass durch dieses Instrument Verzerrungen entstehen können. Ebenfalls negativ wird die Anpassbarkeit der Förderstruktur gesehen (siehe Tabelle 47). Wichtige betriebliche Aspekte sind durch die ausschließliche Fokussierung auf die Installation der Anlage schlicht nicht adressierbar.

Die Regulierungsrisiken werden als hoch eingestuft, da die Steuerlast eines Investors eine deutliche Abhängigkeit von Konjunkturschwankungen aufweist, vor deren Hintergrund eine Abschätzung der Effekte der Steuerlasthöhen erschwert ist. Auch die Erstellung von geeigneten Musterfällen ist kompliziert. Ebenfalls werden die Unternehmensrisiken als hoch angesehen und damit negativ bewertet, denn die Einschätzung der Wirkung des Fördereffekts ist vor dem Hintergrund möglicher Konjunkturschwankungen schwierig, auch können sich Unternehmenssteuern relativ schnell ändern. Die tatsächliche Förderhöhe der steuerlichen Vergünstigung kann dadurch nicht vorab quantifiziert werden, das Risiko addiert sich somit zu der Variabilität des Strompreises und damit der Unsicherheit in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlage. Ein Wechsel des Förderinstrumentes stellt nur dann ein niedriges Risiko dar, wenn die steuerliche Vergünstigung ausschließlich zum Investitionsmoment erfolgt.

In Hinblick auf die europäische Integration wird das Instrument ebenfalls negativ bewertet, da das Steuerrecht nicht ausreichend zwischen den einzelnen Ländern harmonisiert ist und damit sowohl die reine Umsetzung als auch die Sicherung einer ähnlichen Förderhöhe unmöglich erscheint.

Tabelle 43: Bewertungen des Förderinstrumentes Steuerliche Vergünstigungen

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
-	-	=	++	=	=	-	-	-	-	-

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.7 Investitionshilfen

Das Förderinstrument erzielt in der Bewertung sowohl einzelne positive, aber auch einige negative Bewertungen.

Hervorzuheben ist die sehr gute Bewertung beim Kriterium strommarktkompatible Investition, die ansonsten nur die steuerlichen Vergünstigungen erzielen konnten. Dadurch, dass Investitionen in Neuanlagen direkt angereizt werden und die Einnahmen des Betreibers direkt vom Strompreis abhängen, spielt die Investition in strommarktkompatible Neuanlagen und Komponenten eine sehr wichtige Rolle für die Betreiber. Diese Anreize führen jedoch auf der anderen Seite dazu, dass das Instrument Investitionshilfen eine negative Bewertung beim Kriterium Effektivität erzielt: Die Stromproduktion erfolgt nur in Zeiten, in welchen der Börsenstrompreis so hoch ist, dass sich der Betrieb rentiert. Damit wird das Primärziel des KWKG nicht direkt adressiert und nicht effektiv verfolgt.

Positiv schneiden die Investitionshilfen noch bei den Kriterien Unternehmensrisiken und europäische Integration ab. Ein Unternehmensrisiko ergibt sich durch die Förderung insofern nicht, als die Förderhöhe mit dem Antrag auf Investitionshilfe feststeht und vom Betrieb unabhängig ist. Investitionshilfen sind daher ein einfaches und leicht kalkulierbares System. Die Gesamteinnahmen des Betreibers können über den Betrieb der Anlage gesteuert werden. Für die europäische Integration ist es positiv, dass das System sehr einfach ist.

Kriterien, die negativ bewertet wurden, sind die Kosteneffizienz und die Anpassbarkeit der Förderstruktur. Der Grund für die negative Bewertung der Kosteneffizienz ist, dass die Förderung Investitionen anreizt und nicht direkt die KWK-Stromerzeugung. Auch wenn Anlagen z.B. aus technischen Gründen für eine gewisse Zeit nicht laufen, bekommen sie die Investitionshilfe. Zudem haben die Anlagen Einkommen aus zwei Quellen, was die Gefahr von

Mitnahmeeffekten birgt. Die reine Förderung der installierten Leistung kann also bei einzelnen Anlagen dazu führen, dass sie trotz gegebener Wirtschaftlichkeit noch eine zusätzliche Investitionshilfe bekommen, was in diesen Fällen kontraproduktiv für die Kosteneffizienz des Fördersystems ist. Die Anpassbarkeit der Förderstruktur erhält eine negative Bewertung, da die Förderhöhe nur bedingt an Kriterien geknüpft werden kann. Sie kann z.B. nicht an Marktparameter oder den Börsenstrompreis gekoppelt werden. Auch der Weiterbetrieb von Bestandsanlagen ist nicht adressierbar.

Neutrale Bewertungen erhalten die Investitionshilfen bei fünf Kriterien. Die Systemdienlichkeit am Strommarkt, also der Betrieb der Anlage, wird durch die Förderung nicht direkt adressiert, was ausschlaggebend für die Bewertung war. Trotzdem profitieren die Anlagenbetreiber natürlich von einer systemdienlichen Betriebsführung, da sie bei hohen Börsenstrompreisen höhere Erlöse erzielen können. Da die Anlagen also tendenziell zu Zeiten mit hohen Börsenstrompreisen, also meistens Zeiten mit wenig EE-Strom, produzieren, ergibt sich nur ein schwacher und indirekter Anreiz für die Betreiber, eine Investition in EE-Stromanlagen zu tätigen (ggfs. zur „Glättung“ seiner Stromproduktionsmengen), in der der Folge eine neutrale Bewertung in Bezug auf Auswirkungen auf EE-Stromanlagen. Direkte Rückwirkungen, also Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen, sind nicht gegeben.

Was die Regulierungsrisiken angeht, stehen sich zwei Effekte gegenüber: Auf der einen Seite sind die staatlichen Ausgaben sehr gut kalkulierbar. Auf der anderen Seite ist der tatsächliche Betrieb der Anlagen und damit die KWK-Strom- und Wärmeerzeugung unabhängig von der Förderung und damit schlecht kalkulierbar. Was die Verteilungseffekte angeht, schafft das Quotensystem für alle Akteure die gleichen Voraussetzungen und wird daher neutral bewertet.

Tabelle 44: Bewertungen des Förderinstrumentes Investitionshilfen

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
-	-	=	++	=	=	=	-	=	+	+

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.8 Quotensystem

Das Quotensystem kann bei keinem der Kriterien eine positive Bewertung erzielen.

Besonders schlecht schneidet das Quotensystem bei vier Kriterien ab. Darunter befindet sich die Anpassbarkeit der Förderstruktur. Ein Quotensystem mit handelbaren Zertifikaten ist ein sehr komplexes System, welches im Vorfeld gut durchdacht und unter Berücksichtigung aller vorhersehbaren Entwicklungen aufgesetzt werden muss. So müssen im Vorfeld zahlreiche Annahmen (z.B. zur Menge der benötigen Zertifikate) sowie Vordefinitionen (z.B. zur genauen Ausgestaltung und Umsetzung des Handelsmechanismus) getroffen werden. Einmal eingeführt, lässt sich die Menge der ausgegebenen und gehandelten Zertifikate nur sehr schwer anpassen, zudem ist die Entwicklung der Zertifikatpreise kaum kalkulierbar. Dass ein System mit handelbaren Zertifikaten im Nachhinein nur schwer nachjustierbar ist, kann auch beim europäischen Emissionshandel EU-ETS beobachtet werden.

Die genannten Nachteile spiegeln sich auch in der schlechten Bewertung des Instruments bei den Kriterien Regulierungsrisiken und Unternehmensrisiken wider. Das Regulierungsrisiko ist negativ bewertet, weil die Gefahr einer Fehlparametrisierung sehr hoch ist. Die Zielerreichung des KWKG ist nur mit einer regelmäßigen Anpassung der Quote erreichbar. Für Anlagenbetreiber bestehen hohe Unternehmensrisiken insbesondere darin, dass sie mit einem schwer kalkulierbaren System konfrontiert sind, welches sie vor viele betriebswirtschaftliche Unsicherheiten stellt. Zudem ist ein Quotensystem völlig anders als andere KWK-Förderinstrumente, so dass sich die Anlagenbetreiber bei einem Instrumentenwechsel völlig umstellen müssen.

Auch was die europäische Integration angeht, schneidet das Quotensystem mit handelbaren Zertifikaten sehr schlecht ab. Auf der einen Seite würde es eine nationale Quote für KWK-Strom geben, auf der anderen Seite jedoch ein länderübergreifendes Zertifikatesystem. Wie beim EU-ETS besteht die Gefahr einer Zertifikate-Inflation, die sich bei einer Ausweitung des Quotensystems drastisch erhöht.

Ebenfalls negativ bewertet werden die Kriterien Effektivität und Kosteneffizienz. Obwohl das KWKG-Ziel mit einer Quote direkt adressiert werden kann, ist die Effektivität auf Grund starker Unsicherheiten über die tatsächlichen Marktentwicklungen und Zertifikatpreise gering. Für die schlechte Bewertung beim Kriterium Kosteneffizienz sind zwei Aspekte verantwortlich: Zum einen sind, wie bereits erwähnt, die Zertifikatspreise nicht absehbar und damit kann beim Instrumentendesign keine Kosteneffizienz gewährleistet werden. Zum anderen sind die administrativen Kosten zur Einführung und zum Management eines Quotensystems deutlich höher als die Kosten für andere Förderinstrumente.

Bei fünf Kriterien erzielt das Quotensystem eine neutrale Bewertung, ist also weder als hemmend noch als förderlich einzustufen bzw. führt zu keinen ungewollten Effekten. Die Systemdienlichkeit der KWK-Anlagen am Strommarkt wird auf der einen Seite dadurch angereizt, dass sie auf das Preissignal am Strommarkt reagieren, da sie daraus einen Teil ihrer Einnahmen generieren. Einen direkten Anreiz, flexibel Strom zu produzieren, gibt es jedoch nicht, da nicht die Stromproduktion an sich gefördert wird. Auf der anderen Seite können die Zertifikatspreise den Anreiz durch das Strompreissignal, systemdienlich zu produzieren, negativ beeinflussen. Da die Anlagen aber tendenziell eher zu Zeiten mit hohen Börsenstrompreisen, also Zeiten mit wenig EE-Strom, produzieren, ergibt sich nur ein schwacher und indirekter Anreiz für die Betreiber, eine Investition in EE-Stromanlagen zu tätigen (ggfs. zur „Glättung“ seiner Stromproduktionsmengen); somit eine neutrale Bewertung in Bezug auf die Auswirkungen auf EE-Stromanlagen. Direkte Rückwirkungen, also Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen sind nicht gegeben.

Strommarktkompatible Investitionen werden mit einem Quotensystem ebenfalls nicht direkt angereizt. Die vielen Risiken und Unvorhersehbarkeiten sind für eine Investition in flexible Anlagen tendenziell hemmend. Zudem hängt die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen nur zu einem Teil vom Strompreis ab, so dass auch hierdurch der Anreiz für eine Investition in ein flexibleres System vermindert wird. Was die Verteilungseffekte angeht, schafft das Quotensystem für alle Akteure die gleichen Voraussetzungen und wird daher neutral bewertet.

Tabelle 45: Bewertungen des Förderinstrumentes Quotensystem

1 Effektivität	2 Kosteneffizienz	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	4 Strommarktkompatible Investition	5 EE-Stromanlagen	6 EE-Wärmeanlagen	7 Verteilungseffekte	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	9 Regulierungsrisiken	10 Unternehmensrisiken	11 Europäische Integration
-	-	=	=	=	=	=	--	--	--	--

Quelle: IFAM, Öko-Institut, 2017

6.6.1.9 Ergänzende Informationen zu Kriterium 8 (Anpassbarkeit der Förderstruktur)

Zur Bewertungsfindung bei Kriterium 8 (Anpassbarkeit der Förderstruktur) wird untersucht, welche Elemente sich gemäß ihrer Intention (Tabelle 46) gut, eingeschränkt oder nicht in ein Förderinstrument integrieren lassen. In je mehr Fällen dies möglich ist, umso

besser fällt die Bewertung aus. Tabelle 47 zeigt das Ergebnis in einer Übersicht.

Tabelle 46: Intention von Elementen in Förderinstrumenten

Element eines Förderinstrumentes	**Ziel / Intention des Elements**
Förderung (ggfs. Förderhöhe) in Abhängigkeit vom Börsenstrompreis	Direkte Adressierung der Betriebsführung: KWK-Anlagen sollen vor allem zu Zeiten produzieren, in denen sie keinen EE-Strom verdrängen
Innovative KWK-Systeme	Förderung von innovativen / zukunftsfähigen Systemen, die bestimmte Bedingungen auf der Wärmeseite erfüllen, z.B. Mindestanteil von EE oder Abwärme an der Wärmeerzeugung
Beschränkung der Förderung auf x Vbh/a	Gewisser Anreiz, um zu Zeiten mit den höchsten Strompreisen zu produzieren → bedeutet indirekte Adressierung des Betriebes nach Residuallast; ergibt höhere installierte Leistungen, vermeidet "Dauerläufer" mit kleinen Leistungen
Kopplung Jahresfördersumme bei gleicher Vbh/a an Marktindikator(en)	Förderniveau folgt den jährlichen Marktentwicklungen (z.B. über eine Kopplung an Strompreis) → vermeidet Über-/Unterförderung; häufige Berechnung und Anpassung der Förderhöhe ist nicht mehr erforderlich
Gezielte Förderung definierter Marktsegmente	Anreiz, um den Anlagenbestand gezielt zu beeinflussen, z.B. Ablösung von Kohle-KWK
Förderung von Anlagenmodernisierung	Anreiz zur Modernisierung von Bestandsanlagen → erhöht Effizienz und Flexibilität der Systeme; vermeidet, dass Anlagen zu früh aus dem Markt gehen
Förderung des Weiterbetriebs vo nBestandsanlagen	Anreiz zum Weiterbetrieb von sonst stillgelegten Bestandsanlagen → vermeidet, dass Anlagen zu früh aus dem Markt gehen

Quelle: IFAM, Öko-Institut 2017

Tabelle 47: Integrationsmöglichkeiten von Elementen in Förderinstrumente

Element eines Förderinstrumentes	A Einspeisevergütung	B Gleitende Marktprämie	C Fixe Marktprämie mit Korridor	D Fixe Marktprämie	E Ausschreibungen	F Steuerliche Vergünstigungen	G Investitionshilfen	H Quotensystem
Förderung (ggfs. Förderhöhe) in Abhängigkeit vom Börsenstrompreis	×	×	o	✓	o	×	×	×
"iKWK"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
Beschränkung der Förderung auf x Vbh/a	×	×	o	✓	✓	×	o	×
Kopplung Jahresfördersumme bei gleicher Vbh/a an Marktindikator(en)	o	✓	✓	✓	o	×	o	×
Gezielte Förderung definierter Marktsegmente	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
Förderung von Anlagenmodernisierung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
Förderung des Weiterbetriebs von Bestandsanlagen	✓	✓	✓	✓	×	×	×	✓
Gesamtbewertung Kriterium 8 (Anpassbarkeit Förderstruktur)	**=**	**=**	**+**	**++**	**=**	**-**	**=**	**- -**

Bewertung:
✓ geht gut, wirkt gemäß der Intention
o geht bedingt/eingeschränkt, wirkt einigermaßen gemäß der Intention
× geht nicht; wirkt nicht gemäß der Intention

Quelle: IFAM, Öko-Institut 2017

In vielen Fällen ergibt sich die Bewertung in aus dem Grundprinzip eines Instrumentes. So ist bspw. ein Element, welches die Förderhöhe an den Börsenstrompreis koppelt, nur dann sinnvoll integrierbar, wenn im Instrument der Strompreis (möglichst ungedämpft) wirksam wird. Ist dies nicht gegeben, so ist eine negative Bewertung vorzunehmen (bspw. bei einer Investitionskostenförderung). Vergleichbare Überlegungen gelten für die Beschränkung der Förderung auf eine maximale Vollbenutzungsstundenzahl: nur wenn es bei Anwendung eines Instrumentes in einzelnen Betriebsstunden zu unterschiedlichen Fördersummen kommt, besteht ein wirtschaftlicher Anreiz, die Betriebsführung daran (z.B. am Strompreissignal) auszurichten. Die Förderung des Weiterbetriebs von (nicht modernisierten) Bestandsanlagen ist in denjenigen Fällen nicht sinnvoll, bei denen ein Instrument auf der Förderung einer Investition beruht (die nicht vorliegt) oder wie bei Ausschreibungen auf dem Erfordernis gleicher Wettbewerbschancen bzw. einem ausreichend großen Wettbewerb beruht (der bei einer Adressierung des Gesamtbestandes nicht gegeben ist). Am deutlich schlechtesten schneiden Quotensysteme ab, weil durch eine gemeinsame Quote eine mögliche Teilsegment-Adressierung ausgeschlossen ist bzw. getrennte Quotensysteme erfordern würde.

6.6.2 Übersicht der Einzelbewertungen bei kurzfristiger Perspektive

In Tabelle 48 werden die **nichtjuristischen Bewertungen bei kurzfristiger Perspektive** zusammenfassend dargestellt. Die Gesamtbewertung wird in Abschnitt 6.8.1 vertieft.

Tabelle 48: Bewertung der Förderinstrumente

Relative Gewichtung der Kriterien	Bewertungskriterien	A Einspeisevergütung	B Gleitende Marktprämie	C Fixe Marktprämie mit Korridor	D Fixe Marktprämie	E Ausschreibungen	F Steuerliche Vergünstigungen	G Investitionshilfen	H Quotensystem
H	1 Effektivität	+	+	++	+	+	-	-	-
H	2 Kosteneffizienz	=	=	+	+	++	-	-	-
M	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	- -	-	=	+	+	=	=	=
M	4 Strommarktkompatible Investition	=	=	+	+	+	++	++	=
N	5 Auswirkungen auf EE-Stromanlagen	-	-	=	=	=	=	=	=
N	6 Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen	-	-	=	+	+	=	=	=
N	7 Verteilungseffekte	=	=	=	=	-	-	=	=
M	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	=	=	+	++	=	-	-	- -
M	9 Regulierungsrisiken	+	+	=	=	+	-	=	- -
M	10 Unternehmensrisiken	++	+	+	=	-	-	+	- -
N	11 Europäische Integration	+	=	=	+	+	-	+	- -
	Gesamtbewertung	**=**	**=**	**+**	**+**	**+**	**-**	**=**	**-**

H: Hoch M: Mittel N: Niedrig

Quelle: IFAM, Öko-Institut 2017

6.7 Exemplarische Betrachtung der KWK-Förderung im europäischen Ausland

Zum Vergleich der KWK-Förderung in Deutschland erfolgen exemplarische Kurzanalysen zum Förderdesign in sechs anderen europäischen Ländern. Es handelt sich dabei um Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Österreich, Rumänien und Schweden. Die Beschreibung der KWK-Förderung fokussiert sich auf die Hauptinstrumente in diesen Ländern und erhebt keinen Anspruch

auf Vollständigkeit, da es regelmäßig vielfältige, indirekte Effekte mit Auswirkungen auf die KWK gibt und einzelne Quellen nur in Landessprache vorliegen.

6.7.1 KWK-Förderung in Frankreich

Der KWK-Anteil an der gesamten französischen Stromerzeugung lag im Jahr 2015 bei 2,5 %, ähnlich wie im Jahr 2005. Die elektrische KWK-Kapazität ist mit knapp 6 GW [Eurostat, 2017] ebenfalls etwa gleich geblieben. Ähnlich niedrig ist der Fernwärme-Einsatz zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs. In 2013 betrug dieser mit 2,2 Mtoe etwa 3 % des gesamten Wärme- und Kältebedarfs in Frankreich. Das Potenzial wird auf 20 Mtoe im Haushalts- und Gewerbesektor geschätzt [Official Note, 2015].

Ende 2016 wurden die „*Programmations pluriannuelles de l'énergie*“, ein Energie-Mehrjahresprogramm [PPE, 2016] aufgesetzt, um die Ziele des „*Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte*“ (frei übersetzt „Gesetz zum Übergang zum grünen Wachstum“ [LTECV, 2015] zu erreichen. Das Gesetz sieht vor, den Endenergieverbrauch um 20 % bis 2030 und um 50 % bis 2050 ggü. 2012 zu senken. Parallel soll bis 2030 der Primärenergieverbrauch im Vergleich zu 2012 um 30 % gesenkt werden. Der Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen soll dabei 38 % betragen. Auch wurde das Ziel einer Verfünffachung der netzgebundenen Wärme- und Kälteversorgung aus Erneuerbaren und Abwärme bis 2030 formuliert. Der Schwerpunkt der Zielsetzung für die gekoppelte Wärmeerzeugung liegt damit auf dem Ausbau der Wärme- und Kälteinfrastruktur und auf der Förderung der Nutzung von Biomasse. Die Maßnahmen werden im französischen NEEAP („*National Energy Efficiency Action Plan*“, einer Berichtspflicht unter der Energieeffizienzrichtlinie der EU) zusammengefasst [NEEAP, 2017].

Über den „*Fonds chaleur*“, einem Wärmefonds, wird eine Investitionsförderung für Fernwärmenetze gewährt, wenn diese einen Mindestanteil von 50 % aus Erneuerbaren Energien und Abwärme aufweisen können. Die angeschlossenen Verbraucher an solche Fernwärmenetze zahlen zudem eine reduzierte Mehrwertsteuer auf die Versorgung durch Fernwärme. [NEEAP, 2017].

Der Ausbau der Nutzung von **Erdgas in KWK-Anlagen** wird im Energie-Mehrjahresprogramm nicht mit einem spezifischen Ziel adressiert. Dennoch erhalten mit Erdgas betriebene KWK-Anlagen unter 300 kW einen **feste Einspeisevergütung** sowie alle Anlagen unter 1 MW eine **fixe Marktprämie** [Franz. Regierung, 2016, NEEAP, 2017]. Über **Ausschreibungen** werden KWK-Anlagen mit mehr als 12 MW_{el} durch Fixe Marktprämien gefördert, wobei die energetische Effizienz als Kriterium zur Reihung der Gebote genutzt wird. Auch müssen sie sich zu einem zukünftigen Übergang zu Biomasse oder Biogas verpflichten [NEEAP 2017], [CRE, 2016]. Hier liegt also eine Förderung vor, die derjenigen in Deutschland mit kWh_{el} als gefördertes Gut sehr ähnlich ist mit dem

Hauptunterschied des Zwangs zum Übergang auf biogene Energieträger bei den Ausschreibungen.

Seit 2016 wird der Einsatz von **Biomasse in KWK** ausschließlich durch **Ausschreibungen** gefördert. Die ersten Ausschreibungen wurden zwischen den Jahren 2003 und 2010 durchgeführt (eine Liste der geförderten Projekte findet sich unter [Réseaux chaleur 2012], die aktuellste begann November 2016 und endete im Juni 2017 [CRE 2016]. Die Zuschlagswerte werden vertraulich gehalten [Code de l'énergie, Article L311-12]. Die letzte Ausschreibung adressierte hocheffiziente Biomasse-Anlagen zwischen 1 und 20 MW_{el}, die innerhalb der nächsten vier Jahre eine mit Erdgas betriebene KWK-Anlage mit mehr als 12 MW ersetzen. Die erfolgreichen Anlagen erhalten bis zur Abschaltung der Erdgas-KWK-Anlage einen Zuschlag zur KWK-Stromerzeugung der Erdgas-Anlagen, ebenso wie einen Zuschlag für die KWK-Stromerzeugung der Biomasse-Anlagen in der im Angebot vorgeschlagenen Dauer der Zuschlagshöhen über 20 Jahre. Durch die erfolgten Ausschreibungen seit 2003 wurden Biomasse-KWK-Anlagen mit einer Leistung von 380 MW installiert [NEEAP 2017]. Der in den Jahren davor gewährte Einspeisetarif für Biomasse-KWK wurde mit Beginn des Jahres 2016 abgeschafft. Die Ausschreibungen erfolgen durch eine Regulierungskommission (CRE, „Commission de Régulation de l'Energie"). Ziel ist es, mit einem Ausbau von 50 MW pro Jahr das Ziel der Erhöhung der installierten Leistung von Biomasse-KWK-Anlagen von 400 MW im Jahr 2015 auf 540 MW im Jahr 2018 und auf 790 bis 1040 MW Ende des Jahres 2023 zu erreichen [NEEAP 2017].

6.7.2 KWK-Förderung in Großbritannien

Die Förderung der KWK im Vereinigten Königreich ist vielschichtig und lässt sich in die Hauptelemente *Förderung von Betriebsstunden* (direkte Bezuschussung des erzeugten Stroms, der erzeugten Wärme oder Reduzierung von Brennstoffkosten), *Förderung des systemdienlichen Betriebs* und *Investitionsfördermaßnahmen* unterteilen:

Förderung von KWK-Betriebsstunden

Ähnlich dem deutschen KWKG-Zuschlag, gibt es im Vereinigten Königreich eine **Einspeisevergütung** (Feed in Tariff), allerdings nur für Mikro-KWK-Anlagen (bis 2 kW_{el}). Der Zuschlag, der für insgesamt maximal 30.000 Anlagen gezahlt wird, beträgt zurzeit 13,95 p/kWh (rund 12 ct/kWh) [OFGEM FiT, 2017] und wird für 10 Jahre gezahlt [Electricity Act, 2018]. Anders als in Deutschland werden die Zuschläge für Mikro-KWK und eine Reihe von Erneuerbaren Energien in Übereinstimmung mit der Inflationsrate jährlich angepasst. Für alle mit erneuerbaren Brennstoffen betriebenen KWK-Anlagen kann zudem ein weiterer Zuschlag (*Contract for Difference)* gezahlt werden. Dieser wird seit August 2014 im Rahmen von **Ausschreibungsrunden** ermittelt und in Form der Preisdifferenz zwischen Erzeugungskosten und Referenz-Marktpreisen

abgerechnet [CHP-Incent., 2017]. Auch hier zeigt sich eine hohe Übereinstimmung mit den in Deutschland startenden Ausschreibungen. Für **aus fester Biomasse in KWK-Anlagen erzeugte Wärme** gibt es zusätzlich einen Zuschlag (*Renewable Heat Incentive*) von zurzeit 4,29 p/kWh$_{th}$ (rund 3,7 ct/kWh$_{th}$) [OFGEM RHI, 2017]. Eine entsprechende Förderung von KWK-Wärme gibt es in Deutschland derzeit nicht.

Auf der Seite des Brennstoffeinsatzes gibt es eine indirekte Förderung, indem die **CO_2-Abgabe** *Climate Change Levy (CCL)* unter Umständen erlassen wird [GOV CCL, 2017]. Diese Abgabe, die sich aus der Hauptabgabe (*Main Rate*) sowie einem CO_2-Stützpreis (*Carbon Price Support Rate*) zusammensetzt, muss in der Regel auf alle Brennstoffe bezahlt werden [GOV CPF, 2017]. Für KWK-Anlagen, deren Wärme nicht im Bereich Wohnen genutzt, aber im räumlichen Zusammenhang mit der Anlage genutzt wird, wird die Hauptabgabe erlassen, wenn die KWK-Anlagen die Hocheffizienzkriterien der EU Energieeffizienzrichtlinie[32] erfüllen [CHP-Incent., 2017]. Der CO_2-Stützpreis wird allen KWK-Anlagen mit einer Leistung bis 2 MW$_{el}$, unabhängig von der Art der Wärmenutzung, erlassen [CHP-Incent., 2017]. Die Höhen der beiden Bestandteile sind abhängig von der CO_2-Intensität des Brennstoffes und werden jeweils zum Beginn des Steuerjahres (1. April) angepasst. Für Gas betragen sie zurzeit 0,2 p/kWh für die Main Rate und 0,33 p/kWh für die Carbon Price Support Rate (0,17 bzw. 0,29 ct/kWh) [GOV CPS, 2017].

Förderung des systemdienlichen Betriebes

In UK müssen auch Stromerzeuger Netzentgelte bezahlen. Für den systemdienlichen Betrieb von KWK-Anlagen und anderen Stromerzeugern gibt es die beiden Instrumente *TRIAD Payments* und *Generation DUoS Charges*. TRIAD Payments beziehen sich auf die drei halben Stunden der höchsten Netzabnahme im Jahr (TRIAD periods) und sollen so zu einer Entlastung beitragen. Anlagenbetreiber von dezentralen Erzeugungsanlagen bekommen nicht nur das Netzentgelt für die Einspeisung zu diesen im Nachhinein bestimmten Zeitpunkten erlassen, sondern bekommen dieses zusätzlich von der nationalen Regulierungsbehörde OFGEM **(**Office of Gas and Electricity Markets) ausgezahlt. Aufgrund von steigenden Netzentgelten und einem starken Anstieg der Nutzerzahlen auf der Erzeugungsseite (z.B. auch Diesel-Notstromaggregate in Krankenhäusern) hat OFGEM beschlossen, das Instrument signifikant abzuschmelzen (von 47 GBP/kW$_{el}$ auf 3 - 7 GBP/kW$_{el}$) [OFGEM TRIAD, 2017]. Zukünftig soll stattdessen ein Förderinstrument entwickelt werden, um die systembedingte Doppelbelastung von elektrischen Speichern zu verringern.

Auch die *Generation DUoS Charges* sind Netzentgelte; die von Verteilnetzbetreiber nach örtlichen Kriterien erhoben werden und – anders als in Deutschland – ebenfalls auch von Stromerzeugern

[32] (Richtlinie 2012/27/EU)

zu zahlen sind. Eine Komponente dieser Netzentgelte ist dabei in vielen Fällen für in das Netz eingespeisten KWK-Strom negativ (Gutschrift), wobei die Tarife von der Tageszeit und dem Wochentag abhängen. Als Beispiel sei hier der Tarif für einen Wochentag im Gebiet des Scottish&Southern Electricity Networks genannt: *Im roten Zeitbereich* (12:30 bis 14:30 und 16:30 bis 21:00) wird KWK-Anlagen und anderen Stromerzeugern auf der Niederspannungsebene in diesem Gebiet derzeit rund 3,0 p/kWh gutgeschrieben, im *gelben Zeitbereich* (07:00 bis 12:30 und 14:30 bis 16:30) beträgt die Gutschrift 1,2 p/kWh und im *grünen Zeitbereich* (00:00 bis 07:00 und 21:00 bis 24:00) werden 0,3 p/kWh gutgeschrieben [Scottish & Southern, 2017]. Eine Unterscheidung nach Brennstoffen der KWK-Anlagen wird dabei nicht vorgenommen.

Eine vergleichbare Regelung, nach der die Höhe der Förderung von bestimmten Zeitfenstern oder Netzzuständen abhängen, gibt es in Deutschland zurzeit nicht. Die Treiber dieser Förderung ist allerdings das Bemühen, die Belastung von Übertragungsnetzen (das Netz ist nicht zuletzt aufgrund der Insellage weniger vermascht als in Deutschland) zu reduzieren und damit den Netzausbau zu verringern bzw. zu vermeiden. Dies erfolgt über die Förderung von dezentralen Anlagen in Regionen, in denen ein hoher Strombedarf besteht und so mehr Strom auf der Verteilnetzebene bereitgestellt werden kann. In diesem Sinne ist die Systemdienlichkeit der KWK dann gegeben, wenn sie zur Optimierung des Netzbetriebs beiträgt.

Investitionsförderung

Im *Community Energy Programme* werden kommunale Träger (*Local Authorities*) direkt subventioniert. Dies geschieht einerseits mit Subventionen von **Machbarkeitsstudien** sowie Subventionen von bis zu 67% [Com EP, 2017] der Kapitalkosten für die Umsetzung von Wärmenetzen über die ***Heat Network Delivery Unit***. Diese werden in der Regel mit Wärme aus KWK-Anlagen betrieben. Insgesamt stehen für das ***Heat Network Investment Programme*** Mittel in Höhe von insgesamt 320 Millionen Pfund zur Verfügung. Die Erwartung ist, dass bis 2021 rund 200 Projekte gefördert werden. Für Unternehmen gibt es zudem **Steuererleichterungen** (”Enhanced Capital Allowance“) als Subventionsmechanismus. Hier können Unternehmen alle Investitionen für Bauteile, die auf der *Energy Technology Product List* geführt werden und in der KWK-Anlage enthalten sind, im ersten Jahr nach der Investition zu 100% von der Steuer absetzen [CHP-Incent., 2017]. Auch in Bezug auf die Wärmenetzförderung mit ihrer indirekt auf die KWK wirkende Förderwirkung zeigt sich eine klare Übereinstimmung mit der Förderung von Wärmenetzen in Deutschland. Die neu aufgesetzte Förderung von Wärmenetzen 4.0 fördert in Deutschland ebenfalls die Erstellung von Machbarkeitsstudien zu besonders innovativen Projekten.

6.7.3 KWK-Förderung in den Niederlanden

KWK-Förderung hat eine lange Tradition in den Niederlanden: Staatliche Anreize gibt es bereits seit Mitte der 1980er Jahre. Hinzu kommt als Erfolgsfaktor des niederländischen KWK-Ausbaus die hohe nationale Ressourcenverfügbarkeit von Erdgas durch die Förderung von Erdgas in den Niederlanden [Ecologic, 2015]. Dies hat insbesondere in den 1990er Jahren zu einem starken Ausbau der KWK geführt. In [COGEN EUROPE, 2006] werden die Niederlande daher als weltweit erfolgreichstes Land in Bezug auf den (frühen) KWK-Ausbau bezeichnet.

Diese Vorreiterrolle haben die Niederlande jedoch seit einer ganzen Weile eingebüßt. Das Land ist sogar hinter seinem selbstgesteckten KWK-Ausbauziel zurückgeblieben. Im Jahr 2012 hatten die Niederlande eine installierte KWK-Kapazität von 12,7 GW_{el} und mehr als die Hälfte des erzeugten Stroms wurde in KWK-Anlagen hergestellt [CODE2, 2014], [Ecologic, 2015]. Das KWK-Ziel, das 1998 festgelegt wurde, sah jedoch – unter den damals absehbaren Rahmenbedingungen – eine Erzeugungskapazität von 15 GW_{el} bereits im Jahr 2010 vor [Ecologic, 2015]. Auch die Zahlen zur Stromerzeugung von [Eurostat, 2017] weisen auf eine Stagnation hin, so lag der Anteil der KWK-Stromerzeugung an der Gesamtstromerzeugung im Jahr 2015 bei 27% und damit etwa auf dem Niveau von 2005.

Frühe Instrumente, die den KWK-Ausbau in den Niederlanden angereizt haben, waren Informations- und Beratungsangebote seit 1988, zum Beispiel durch ein KWK-Projektbüro, das unter anderem Konzepte für joint ventures zwischen der Energiewirtschaft und der Industrie ausarbeitete. Weitere Instrumente waren Gaspreisermäßigungen für KWK-Anlagen, Investitionszuschüsse, die Festlegung eines verpflichtenden KWK-Abnahmepreises für Energieversorgungsunternehmen und Energieeffizienzvereinbarungen für die energieintensive Industrie [Ecologic, 2015]. Auf Grund dieser Förderpolitik und weiterer Faktoren wie beispielsweise dem hohen Bedarf an Prozesswärme finden sich KWK-Anlagen vor allem in der Industrie, im Gartenbau und der Fernwärme [CODE2, 2014].

Die beschriebene Förderpolitik in den Niederlanden und die weiteren begünstigenden Faktoren für KWK wirkten so gut, dass Überkapazitäten auf dem Energiemarkt entstanden und sich die Regierung gezwungen sah, gegenzusteuern. Im Jahr 1994 stoppte sie die Errichtung neuer KWK-Anlagen mit einer Leistung von über 2 MW. In den folgenden Jahren wirkten jedoch auch andere Faktoren dämpfend auf den KWK-Markt, wie die Liberalisierung im Strommarkt und hohe Gaspreise. Dies führte dazu, dass der KWK-Markt stagnierte bzw. sogar rückläufig war [CODE2, 2014], [Ecologic, 2015]. Daran änderte auch die erneute KWK-Förderung ab 2001 kaum etwas. Die MEP-Förderung „*Milieukwaliteit Elektriciteitsproductiesubsidie*“ (frei übersetzt „*Subvention für die Umweltqualität der Stromerzeugung*“) zielte auf die Stromproduktion bestehender KWK-Anlagen und Anlagen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Im Bereich der KWK wurden zunächst die

Zusatzkosten gegenüber der ungekoppelten Erzeugung mit Hilfe einer fixen Marktprämie gefördert. Ab 2003 wurde die Förderung nur für den erzeugten Strom gewährt, der im Vergleich zur ungekoppelten Erzeugung CO_2-frei erzeugt wurde [Ecologic, 2015]. Die Förderung wurde für höchstens 10 Jahre gewährt. Seit August 2006 wurden keine neuen Vorhaben mehr gefördert. Die Förderung ging 2008 in das SDE-Programm über (siehe unten) [KOM, 2007].

Im Regierungsprogramm *„Schoon en Zuinig“* (frei übersetzt *„Sauber und Effizient“*) aus dem Jahr 2007 wird der Wille formuliert, durch KWK jedes Jahr 3 Millionen Tonnen CO_2 bis 2020 einzusparen [VROM, 2007]. Im Jahr 2008 beschloss die niederländische Regierung, fortan keine fossile KWK mehr zu fördern. Hier sind vergleichbare Tendenzen wie im deutschen KWKG zu sehen, welches besondere Anreize zur Ablösung von Kohle-KWK setzt.

Das Programm SDE („*Stimulering Duurzame Energie“*, frei übersetzt *„Anreizprogramm Nachhaltige Energieerzeugung“*) gewährt daher seit 2008 **Einspeisevergütungen für Stromerzeugung aus erneuerbare Energien** – ähnlich wie im deutschen EEG – worunter auch mit Biomasse betriebene KWK-Anlagen oder solche, die Wärme aus tiefen Geothermieanlagen (mindestens 500 Meter) nutzen, fallen. Das Programm wird seit dem Jahr 2012 unter dem Name SDE+ weitergeführt. Durch die Einspeisevergütungen werden den Erzeugern von erneuerbarem Strom und erneuerbarer Wärme die Differenzkosten zwischen den Erzeugungskosten erneuerbarer und fossiler Energie erstattet. Dafür steht ein begrenztes Gesamtbudget zur Verfügung. Die Anlagenbetreiber können in über das Jahr verteilten Phasen Anträge zur Förderung stellen. Die Höhe der Förderung wird nachträglich für jedes Jahr festgelegt und gilt für eine bestimmte Volllaststundenzahl pro Jahr und eine bestimmte Anzahl Jahre je Technologie [Ecologic, 2015]. In den Anfangsjahren der Förderung wurde das zur Verfügung stehende Budget jedoch längst nicht ausgenutzt, im Jahr 2010 ging kein Antrag für die Förderung einer Biomasse-KWK-Anlage mit einer Leistung über 250 MW ein [EL&I, 2011]. Im SDE+-Programm haben biogen betriebene KWK-Anlagen derzeit zwei Optionen: Zum einen können sich Anlagen, die früher die MEP-Förderung bekommen haben und älter als sieben Jahre sind, auf eine Anschlussförderung bewerben. Zum anderen können sich Anlagen mit einer Leistung von unter 100 MW_{el} und einem elektrischen Wirkungsgrad von mindestens 10 % bewerben. Die Förderung läuft dann zwölf Jahre lang [RVO, 2017].

Als weitere Säule der aktuellen KWK-Förderung in den Niederlanden dient die EIA („*Energie-investeringsaftrek“,* frei übersetzt *„Energieinvestitionszulage“*). Dies sind **Steuerermäßigungen** für Unternehmen auf Investitionen **im Bereich Energiesparmaßnahmen** wie KWK und erneuerbare Energien. Sie belaufen sich auf im KWK-Bereich nach Berechnungen von [Ecologic, 2015] auf durchschnittlich 10% der Investitionskosten. Es handelt sich also um eine Investitionsförderung, die breit angelegt ist und nicht als Förderinstrument speziell für die KWK konzipiert ist.

Eine dritte Säule, die jedoch nur zwischen den Jahren 2008 und 2011 existierte, ähnelt der deutschen Mini-KWK-Richtlinie. Das Programm hieß „*Duurzame Warmte*“ („nachhaltige Wärme“) und stellte eine Investitionshilfe für Mikro-KWK-Anlagen aller Art in bestehenden Gebäuden bereit. Von den ursprünglich eingestellten 10 Mio. € wurden jedoch laut [EL&I, 2011] bis Mitte 2011 nur rund 3 Mio. € abgerufen.

Trotz der bestehenden Instrumente wird in vielen Berichten angeführt, dass eine zielgerichtete niederländische KWK-Förderpolitik vermisst wird [Ecologic, 2015], [CODE2, 2014], [COGEN Europe, 2013]. Unter den aktuellen Bedingungen des Jahres 2014 (niedriger Strompreis bei gleichzeitig hohen Gaspreisen und fehlende Anreizwirkung des EU-Emissionshandelssystems) wurde in der „*Cogeneration Roadmap*“ sogar eine Halbierung des KWK-Markts bis Anfang der 2020er Jahre vorhergesagt [CODE2, 2014].

6.7.4 KWK-Förderung in Österreich

Der KWK-Anteil lag in Österreich im Jahr 2015 bezogen auf die gesamte Stromerzeugung bei 13,8 %. Gegenüber dem Jahr 2005 ist er damit leicht gesunken (von 15,4 %). Auch ist die elektrische KWK-Kapazität von 3,25 auf 2,81 GW in diesem Zeitraum gesunken [Eurostat, 2017]. Der Marktanteil der Nah- und Fernwärme am gesamten Wärmebedarf in Österreich hat sich seit 1990 etwa verdreifacht und lag im Jahr 2015 bei 24 %. In [BMWFW, 2017] wird als Ursache dafür die KWK-Förderung benannt. Die ursprüngliche KWK-Förderung, die eine gleitende Marktprämie für bestehende und modernisierte Anlagen und einen Investitionskostenzuschuss für neue Anlagen umfasste, endete im Jahr 2012 vorläufig und wurde im Juli 2014 wieder im *Energieeffizienzpaket des Bundes* aufgenommen. Dazu enthält das Effizienzpaket diverse Elemente, die KWK-Anlagen sowie den Ausbau von Wärmenetzen fördern [Prognos, 2014].

Zum einen ist dies die Novelle des österreichischen KWK-Gesetzes, die zum 01.02.2015 in Kraft trat [RIS, 2015]. Dieses regelt die **Investitionsförderung für die Neuerrichtung und Modernisierung von KWK-Anlagen**, die eine Leistung von mehr als 100 kW_{el} haben, Kriterien für Hocheffizienz erfüllen und Prozesswärme oder Wärme zur öffentlichen Fernwärmeversorgung erzeugen. Die Förderhöhe ist an die Investitionskosten gekoppelt und beträgt maximal 30 % der direkten Investitionskosten (ohne Grundstückskosten) und maximal 60 % der beihilfefähigen Mehrkosten [KWK-Gesetz, 2014]. Sie ist zudem nach Leistungsklassen gestaffelt und beträgt maximal 250 €/kW für Anlagen von 100 kW bis 1 MW sowie minimal 125 €/kW für Anlagen von über 100 MW elektrischer Engpassleistung. Hinzu kommt, dass jährlich maximal 12 Mio. € für die Investitionsförderung zur Verfügung stehen, wovon mindestens 7 Mio. € für gewerbliche und industrielle Anlagen reserviert sind. Die Förderung ist zeitlich begrenzt und endet zum 31.12.2020 [KWK-Gesetz, 2014]. Der Fördermechanismus weicht

also deutlich von dem im deutschen KWKG angelegten System der Betriebsbeihilfe ab, welches kWh_{el} fördert.

Zum anderen wurde im Rahmen des Effizienzpakets auch das Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz (WKLG) aus 2008 angepasst, welches die **Erschließung und Verdichtung von Fernwärmegebieten** fördern soll [Prognos, 2014]. Damit existiert in Österreich ein ähnliches Gesetz für den Ausbau von Wärmenetzen wie in Deutschland. Gefördert werden Fernwärmenetze, mit welchen Endkunden beliefert werden und der Primärenergieträgereinsatz und die CO_2-Emissionen gegenüber einzelnen Anlagen ohne Fernwärmeanschluss reduziert werden. Die Förderhöhe beträgt maximal 35 % der Gesamtinvestitionen und maximal 50 % der umweltrelevanten Mehrkosten. Pro Bundesland stehen jährlich maximal 24 Mio. €zur Verfügung bzw. höchstens 60 Mio. € bundesweit [WKLG, 2014].

Das im Effizienzpaket enthaltene KWK-Punkte-Gesetz (KPG) fördert den **Betrieb bestehender hocheffizienter KWK-Anlagen**, die vor dem 31.12.2014 errichtet wurden und **zur öffentlichen Fernwärmeversorgung beitragen**. Es wurde von der EU-Kommission zunächst aus beihilferechtlichen Gründen abgelehnt, da die Abwicklung der Förderung durch eine KWK-Branchenorganisation geplant war [RSI, 2017]. Daher war eine Novelle des Gesetzes in der *Kleinen Ökostromnovelle* enthalten, die im Juli 2017 verabschiedet wurde. Die Finanzierung der Förderung erfolgt über ein **Umlagesystem mit Punkten**, das alle an das öffentliche Netz angeschlossenen Endverbraucher bezahlen müssen, ähnlich der deutschen KWKG-Umlage auf den Strompreis. Die Punkte werden unentgeltlich und **je nach erzeugten Kilowattstunden KWK-Strom** in einer Basisperiode an die Betreiber der KWK-Anlagen verteilt. Die Höhe der Umlage (also die Menge der zu verrechnenden KWK-Punkte) bemisst sich an der Netzebene, an die die Endverbraucher angeschlossen sind. Der Beitrag beträgt 0,55 €/a für jeden KWK-Punkt. Die Förderung soll nach vier Jahren enden, wird jedoch verlängert, wenn der Weiterbetrieb der Anlagen ohne die Förderung gefährdet ist [RIS 2017], [Prognos, 2014], [Ecologic, 2015]. Hier ist wieder eine Ähnlichkeit zum deutschen Fördersystem mit Förderung der KWK-Stromerzeugung zu erkennen mit einem allerdings begrenzterem, förderberechtigtem Marktsegment.

Eine ähnliche Bestands- und Betriebsförderung für KWK-Anlagen gab es in Österreich bereits zwischen 2003 und 2010. Hauptgrund für die erneute Förderung von Bestandsanlagen war die Sicherstellung der Versorgung mit Fernwärme bei stark verschlechterten wirtschaftlichen Bedingungen für KWK-Anlagen durch geringe Erlöse am Strommarkt bei gleichzeitig gestiegenen Brennstoffpreisen [RIS, 2017].

Durch das Ökostromgesetz, das 2012 erlassen wurde, wird in Österreich neben der fossilen KWK aus Bestandsanlagen – anders als in Deutschland profitieren auch Kohle-KWK-Anlagen von der Bestandsanlagenförderung – auch die Strom- und

Wärmeerzeugung aus den neu errichteten **KWK-Anlagen** finanziell gefördert, die **mit Biomasse oder Biogas betrieben** werden. Dies geschieht über eine **feste Einspeisevergütung**. Die Förderhöhe wird in der Ökostrom-Einspeisetarifverordnung geregelt und bemisst sich an der Größenklasse und dem Brennstoff. Sie sinkt jährlich um 1 % und gilt für 15 Jahre [ÖSG, 2012]. Laut österreichischem Biomasse-Verband gibt es etwa 130 Kraftwerke und KWK-Anlagen auf Basis fester Biomasse sowie rund 300 Biogasanlagen. Diese produzieren etwa 6 % des österreichischen Stromaufkommens sowie 20 % der in Österreich erzeugten Fernwärme [ÖBV, 2017].

6.7.5 KWK-Förderung in Rumänien

Als Beispiel für ein osteuropäisches Land wird Rumänien untersucht. Die folgenden Darstellungen basieren auf u.a. auf [KOM, 2016], [EU, 2014], [ISPE, 2017], [Lepandatu/ANRE, 2017] unter Einbeziehung von Quellen, die nur in Landessprache verfügbar sind.

Seit dem 1. April 2011 gibt es in Rumänien eine stromseitige Förderung des KWK-Betriebes über **Einspeiseprämien**. Gefördert wird ausschließlich KWK-Strom aus Anlagen, die das Hocheffizienz-Kriterium gemäß EU-Richtlinie erfüllen und der in das nationale Stromnetz eingespeist wird. Die spezifische Höhe des Bonus soll so bemessen sein, dass über die Förderdauer die Differenz zwischen den Produktionskosten und den Einnahmen am Strommarkt ausgeglichen wird unter Berücksichtigung der Wärmegutschrift. Dazu werden bei der Berechnung von den Gesamtkosten der Anlage die wärme- und stromseitigen Einnahmen abgezogen nach folgendem Rechenschema:

Bonus = (Gesamtkosten - Einnahmen Stromseite
- Einnahmen Wärmeseite) / KWK-Strommenge

Der Ermittlung der Gesamtkosten erfolgt auf je Energieträgern differenziert auf Basis einer regulierten Rentabilitätsrate von maximal 9 %. Die erwarteten stromseitigen Einnahmen ergeben sich durch Multiplikation aus der KWK-Strommenge und dem mittleren Börsenstrompreis (day-ahead). Als Grundlage für die Bewertung des wärmeseitigen Ertrages setzt die nationale Regulierungsbehörde (ANRE) ein Wert an, der sich für eine reine Wärmeerzeugungsanlage mit gleichem Energieträger und harmonisierten Referenzwerten der Erzeugungseffizienz ergibt. Die Förderung ist über einen Zeitraum von maximal 11 aufeinanderfolgenden Jahren möglich, jedoch längstens bis 2023. Die Förderhöhe sinkt für die Anlagen kontinuierlich von Jahr 1 bis Jahr 11 um rund 3 %/a.

Die spezifischen Fördersätze werden jährlich angepasst. Für 2016 belaufen sie sich in Abhängigkeit vom hauptsächlich genutzten Energieträger auf

- 198,49 lei/MWh (rd. 44,2 €/MWh) für KWK-Anlagen auf Basis Erdgas aus dem Transportnetz,
- 203,89 lei/MWh (rd. 45,4 €/MWh) für KWK-Anlagen auf Basis Erdgas aus dem Verteilnetz,
- 169,76 lei/MWh (rd. 37,8 €/MWh) für KWK-Anlagen auf Festbrennstoff-Basis (unabhängig von der Netzebene).

Dieses System ist der derzeitigen Förderung der KWKG in Deutschland sehr ähnlich, nicht nur hinsichtlich des Instrumentes, sondern auch bspw. einer zeitlichen Befristung der Förderung. Auch in Deutschland dient eine (in Detail natürlich anders angelegte) Wirtschaftlichkeitsrechnung als Basis dafür, die Höhe der Einspeiseprämien festzulegen.

Um die Förderung zu erhalten, muss ab 2017 ein Antrag bei der nationalen Regulierungsbehörde (ANRE) gestellt und die Anlage vor dem 31.12.2016 auf der Liste der Bewilligungen aufgeführt sein. ANRE gibt jährlich an, welche Anlagenbetreiber gefördert werden und wie hoch die jeweilige Förderhöhe sowie die geförderte Strommenge im kommenden Jahr sind. Die Förderung wird gemäß einer jährlichen Rechnung der Regulierungsbehörde auf die Verbraucher umgelegt.

Im Jahr 2016 profitierten 36 Produzenten mit insgesamt 43 KWK-Anlagen von dieser Förderung. Gefördert wurden so im Jahr 2016 4,5 TWh KWK-Strom.

Es gibt seit 2008 ein nationales **Quoten- und Zertifikatesystem zur Förderung von erneuerbaren Energien** (Law 220/2008). Dabei werden einerseits „grüne Zertifikate“ für die Erzeugung aus Strom unter Nutzung von erneuerbaren Energien ausgestellt, andererseits gibt es verpflichtende Quoten für die Energieversorger in Bezug auf die erforderliche Zertifikatemenge. Für KWK-Anlagen, die erneuerbare Energien nutzen (mit Ausnahme von importiertem Abfall), ergeben sich in Abhängigkeit des Energieträgers Zertifikate je MWh, hocheffiziente KWK-Anlagen erhalten ein zusätzliches Zertifikat. Ein solche Zertifikat kostete im Jahr 2016 etwa 132 lei, das sind umgerechnet etwas mehr als 29 €. Allerdings besteht die Pflicht, zu wählen, ob sie dieses Fördersystem wählen oder das zuvor dargestellte System der Einspeiseprämie. Diese indirekte Förderung der KWK ist nicht mit dem deutschen System vergleichbar, weil die Förderung der erneuerbaren Energien nicht über ein Quotensystem erfolgt.

Es gibt in Rumänien einen nationalen Investitionsplan mit dem Ziel der Modernisierung der Erzeugungsanlagen auf dem Strommarkt. Dies beinhaltet die Installation von Neuanlagen ebenso wie die Modernisierung von Bestandsanlagen. Darunter fällt auch die KWK. Bei dieser **Investitionsförderung** wird ein Zuschuss von bis zu 25% auf die förderfähigen Investitionskosten gewährt, d.h. es ist keine Förderung, die speziell für KWK-Anlagen aufgelegt wurde.

6.7.6 KWK-Förderung in Schweden

Die Förderung der KWK in Schweden hat eine lange Tradition. Auslöser war die Ölkrise und in der Folge das Bestreben, die Abhängigkeit von diesem Energieträger zu reduzieren. Seit 1990 gab es eine **Investitionsförderung für Biomasse gefeuerte KWK-Anlagen** in Höhe von 3.000 SEK/kW (rd. 300 €/kW, allerdings bezogen auf den heutigen Umrechungskurs), wobei aber maximal 25% der Investitionssumme gefördert werden [Sveriges Riskdag, 1998]. Diese Förderung führte zu einem Anstieg der Anlagenzahlen, 2016 liefen 2.019 Biomasse gefeuerte KWK-Anlagen mit einer installierten Leistung von 4.464 MW und einer Jahresproduktion von 17,3 TWh [Bioenergie, 2016]. Angesichts des großen Angebots an Biomasse kommt diesem Energieträger eine sehr hohe Bedeutung in Schweden zu; in dieser Hinsicht ist Schweden mit Deutschland nicht direkt vergleichbar. Da es im Rahmen der Liberalisierung ab 1996 zu einem Rückgang der Strompreise kam, der sich ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen auswirkte, wurde im Jahr 1997 eine neue, verbesserte Investitionsförderung für Biomasse-KWK aufgelegt [Energiindikatorer, 2017].

Im Jahr 2002 gilt ein **Verbot zur Deponierung von Abfall**, was zu einem Anstieg der KWK-Anlagenzahl basierend auf Abfall geführt hat [Statens Energimyndighet, 2013].

Seit dem 01.05.2003 gibt es ein **Stromzertifikatsystem**, welches seit 2012 auf einen gemeinsamen Zertifikatemarkt mit Norwegen ausgeweitet wurde. Das Ziel ist insbesondere die **Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien** auf kosteneffektive Art zu fördern [Energimyndigheten, 2017a]. Für jede produzierte erneuerbare MWh Strom erhalten die Produzenten ein Stromzertifikat, welches sie auf dem Markt verkaufen können. Stromlieferanten, Stromkunden, die Strom von der nordischen Strombörse kaufen sowie stromintensive Industrien, die bei der Energiebehörde registriert sind, müssen bestimmte Quoten an Zertifikaten erwerben [Energimyndigheten, 2017b]. Der Preis für ein Zertifikat (1 MWh) lag 2016 im Mittel bei ca. 140 SEK, 2017 ist er auf bis zu 40 SEK gefallen, aktuell liegt er bei ca. 65 SEK [SKM, 2018]. Strom aus KWK-Anlagen, die mit Biomasse oder Torf betrieben werden, können an diesem Zertifikatshandel teilnehmen [Notisum, 2017]. Dies hat dazu geführt, dass die Biomasse-KWK die günstigsten Wärmeerzeugungskosten für Neuanlagen in Fernwärmesystemen darstellt und deshalb zu hohen Marktanteilen von 72 % im Jahr 2015 bei der Wärmeerzeugung gekommen ist [Energiindikatorer, 2017] (siehe Abschnitt zu Fernwärmeförderung).

Seit dem 01.01.2004 ist die Fernwärme-KWK mit der industriellen KWK bezüglich der Besteuerung gleichgestellt; was eine **Verringerung der Steuerlasten für Fernwärme-KWK** darstellte und somit eine fördernde Wirkung entfaltete. Die Steuerbefreiung der Fernwärme-KWK geht aus der folgenden Tabelle hervor [Skatteverket, 2017a].

Tabelle 49: Steuerbefreiung in Schweden

Brennstoffverbrauch zur Herstellung von	**Energiesteuer**	**CO_2-Steuer**	**CO_2-Steuer Emissionsrechte**
Steuerpflichtigem Strom	100 %	100 %	100 %
Wärme	70 %	20 %	100 %

Quelle: IFAM, 2017

Um in diese Vergünstigungen zu kommen, muss eine KWK-Anlage folgende Merkmale erfüllen:

- Wärme und steuerpflichtiger Strom werden gleichzeitig und im selben Prozess erzeugt,
- die Wärme wird genutzt, indem sie in ein Fernwärmenetz oder vergleichbares Netz eingespeist wird,
- der (tatsächliche) elektrische Wirkungsgrad beträgt mindestens 15 % (berechnet als: Stromproduktion / Einsatz Energiemenge des Brennstoffs).

Es gibt allerdings einzelne Ausnahmen, z. B gilt die Steuerbefreiung nicht für die Nutzung von hochbesteuertem Erdöl. Auch andere Anlagen sind generell von der Energie- und CO_2-Steuer ausgenommen, z. B. bei einer Nutzung von Holz und Holzpellets. Andere Biokraftstoffe sind ebenso ganz oder teilweise von diesen Steuern ausgenommen.

Die Energiesteuer fällt üblicherweise an für alle Akteure, die Strom produzieren oder liefern; es gibt jedoch weitere Ausnahmeregelungen. Daneben wurde 1991 eine CO_2-Steuer eingeführt. Schweden hat heute den höchsten Preis für CO_2 weltweit für Anwendungen außerhalb des ETS. Die Steuer wird auf alle fossilen Brennstoffe erhoben, die Höhe ergibt sich aus dem CO_2-Ausstoß bei der Verbrennung. Auf Biobrennstoffe (Holz u.ä.) wird grundsätzlich keine CO_2-Steuer erhoben. Diejenigen Industrien und Kraftwerke, die in den EU-ETS-Handel eingebunden sind, sind von der zusätzlichen CO_2-Steuer befreit [Svebio, 2017]. Da es keine entsprechende CO_2-Steuer in Deutschland gibt, lassen sich diesbezügliche KWK-Vergünstigungen nicht übertragen. Hingegen gibt es vergleichbare Energiesteuervergünstigungen für hocheffiziente KWK.

Es gibt einen engen Zusammenhang zwischen der KWK und der Situation bzw. der Förderung von Fernwärme. Insgesamt wurde in Schweden seit den 1970er Jahren die Fernwärme erheblich ausgebaut. 2015 betrug der Anteil der KWK an der Fernwärmeerzeugung 42% [Energiindikatorer, 2017]. Förderungen zum Ausbau der leitungsgebundenen Wärmeversorgung führen durch diesen hohen Anteil zu einem Zubau an KWK-Anlagen; dieser Effekt ist in vielen Ländern zu beobachten. Günstige Bedingungen bzw. eine direkte Förderung des Netzausbaus (die in Deutschland u.a. durch

das KWKG erfolgt) stellt häufig auch eine indirekte Förderung der KWK dar.

Derzeit wird ungefähr die Hälfte des Wärmebedarfs in Schweden über Fernwärme gedeckt. Der Anteil der fossilen Energieträger in der Fernwärme ist seit 1983 stark zurückgegangen. 2015 betrug er nur noch 8 %. Die Hauptgründe für den starken Rückgang waren die steigenden Preise sowie die oben erwähnten, hohen Steuern für fossile Energieträger [Energiindikatorer; 2017]. Der Anteil der KWK an der Fernwärmeerzeugung ist über viele Jahre erheblich gestiegen, u. a. aufgrund der im Folgenden beschriebenen Mechanismen. In 2015 lag er bei 42 % und gilt als weitgehend gesättigt [Energiindikatorer; 2017].

Zusätzlich zur Förderung von KWK gibt es das 2008 verabschiedete *Fjärrvarmelag* (**Fernwärmegesetz**). In dem Gesetz zur Förderung von Fernwärme wird insbesondere die Preisgestaltung geregelt mit dem Ziel einer transparenten und zuverlässigen Preisgestaltung gegenüber den Verbrauchern [Regeringen, 2017].

Der Anschluss an ein Fernwärmenetz wird durch die Möglichkeit gefördert, bestimmte Anschlussarbeiten als Investitionen auf die Steuer anrechnen zu können. Über das Programm *ROT Renovering, Ombyggnad, Tillbyggnad* (Renovierung, Umbau, Anbau) können 30 % der Arbeitskosten von der Steuer abgesetzt werden [Skatteverket, 2017b].

Eine weitere Förderung von KWK-Anlagen ergibt sich aus einem Förderprogramm zur Senkung von Treibhausgasemissionen auf lokaler Ebene. Dieses Programm adressiert viele Techniken; nach Artikel 40 können auch hocheffiziente KWK-Anlagen durch vergünstigte Kreditkonditionen gefördert werden, d.h. es handelt sich ist um eine **Investitionsförderung**, die aber nicht als gezielte KWK-Förderung angelegt ist.

6.7.7 Fazit der exemplarischen Betrachtung der KWK-Förderung im europäischen Ausland

Die länderübergreifende Auswertung der Förderung der KWK zeigt, dass es in fünf der sechs Länder ein Instrument gibt, welches die Zahlungen an die erzeugte KWK-Strommenge koppelt. Dabei kommen sowohl Einspeisevergütungen (in zwei Fällen nur bei kleineren Anlagen), Marktprämien sowie ein Punktesystem zum Einsatz. Zum Teil gibt es Beschränkungen auf bestimmte Marktsegmente und insbesondere auf den eingesetzten Energieträger abzielende Regelungen. Auch das Instrument der Ausschreibungen findet sich in zwei Ländern.

Der Einsatz von Einspeisevergütungen ergibt sich auch dann, wenn das Fördersystem auf die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien abzielt und nicht ausschließlich auf KWK-Anlagen. Insofern orientiert sich die Bevorzugung einer festen Einspeisevergütung gegenüber einer Marktprämie daran, alle Techniken, die

erneuerbare Energien zur Stromerzeugung nutzen, zu fördern und sagt nichts darüber aus, dass diese Variante auch besonders gut geeignet wäre, wenn es ausschließlich um KWK-Anlagen geht. Der Vergleichsfall ist somit das ebenfalls mit Einspeisevergütungen operierende EEG in Deutschland.

Die Hälfte der untersuchten Länder fördert Investitionen, die auf den Ausbau und die Weiterentwicklung von Wärmenetzen abzielen; so wie die Wärmenetzförderung auch im deutschen KWKG angelegt ist. Dies stellt eine indirekte Förderung von KWK-Anlagen dar, weil die KWK regelmäßig über hohe Anteile an der Erzeugung von Fern- und Nahwärme aufweist.

Hinzu kommt in fünf von sechs Ländern eine Investitionsförderung, die aber mehrheitlich sehr breit angelegt ist, um unterschiedliche Techniken zur Steigerung der Energieeffizienz oder zur Nutzung der erneuerbaren Energien zu fördern. Die KWK ist eine der geförderten Optionen, d.h. die Wahl des Instrumentes orientiert sich wiederum an der Gesamtheit der zu fördernden Systeme und nicht gezielt an der KWK und liefert insofern keine unmittelbaren Hinweise bezüglich der Bewertung von KWK-Förderinstrumenten.

Die weiteren identifizierten Förderungen für die KWK bauen auf größer angelegten Steuerungssystemen auf, die es in vergleichbarer Art in Deutschland nicht gibt. Es handelt sich um Vergünstigungen in Bezug auf CO_2-Steuern bzw. -abgaben, Netzentgeltgutschriften oder die Anrechenbarkeit auf eine EE-Quote. Da die Voraussetzungen für eine Anwendung in Deutschland fehlen, sind solche Varianten nicht Teil des durchgeführten Instrumentenvergleiches für Deutschland.

Einen vergleichbaren, direkten Anreiz wie im KWKG, auf CO_2-arme Energieträger zu wechseln (Bonus für den Ersatz von Kohle), gibt es nur in Frankreich. Der Grund dafür ist allerdings, dass es in anderen Ländern CO_2-Steuern bzw. -abgaben gibt, die den Prozess der Dekarbonisierung über einen umfassenderen, technikübergreifenden Ansatz fördern.

In den untersuchten Ländern hat sich die KWK und damit auch die Förderung unterschiedlich entwickelt. Ein Grund sind unterschiedliche energiepolitische Ausrichtungen (der Vergangenheit und der letzten Jahre), wie z. B. der sehr frühzeitige Fokus auf die Wärmenetzentwicklung in Schweden, oder sehr hohe Kernenergieanteile im Strommarkt in Frankreich. Auch unterscheiden sich die aktuellen Gegebenheiten, u.a. die Marktanteile an der Versorgung sowie KWK-übergreifende Energiemarkt-Steuerungssysteme. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es bei den speziell auf die KWK abzielenden Förderungen eine hohe Übereinstimmung mit den in Deutschland zurzeit im KWKG eingesetzten Instrumenten gibt. Die Bewertung der Optionen in dieser Untersuchung wird dadurch grundsätzlich bestätigt.

6.8 Gesamtbewertung

6.8.1 Gesamtbewertung bei kurzfristiger Perspektive

In Tabelle 48 ist die Gesamtbewertung im benutzten Bewertungsschlüssel bereits angeführt. Es ergibt sich für die kurzfristige Perspektive, welche die heutige Sicht inklusive der Rückschau seit der letzten KWKG-Novelle beinhaltet, eine klare Dreiteilung.

Erste Wahl (und dabei gleichrangig) sind die Instrumente:

- Fixe Marktprämie mit Korridor,
- Fixe Marktprämie,
- Ausschreibungen.

Der Hauptgrund dafür ist, dass das derzeitige, primäre Ziel der Förderung, die Erhöhung der KWK-Stromerzeugung, direkt adressiert wird. Bei den drei genannten Instrumenten ist das geförderte Gut KWK-Strom. Daraus resultieren gute bis sehr gute Bewertungen bei den wichtigsten Kriterien Effektivität und Kosteneffizienz. Die Unterschiede in der Bewertung können Tabelle 48 entnommen werden. Sie liegen zwischen den beiden Marktprämien-Varianten in der Wirkung des Korridors, der zu höherer Sicherheit bzw. besserer Kalkulierbarkeit der Förderhöhe für die Unternehmen führt – auf Kosten einer Strompreisdämpfung und der dadurch verminderten Wirkung in Bezug auf eine in Zukunft stärker gewünschte Steuerungswirkung hinsichtlich einer strompreisgeführten Betriebsweise der KWK-Anlagen. Ausschreibungen erhöhen ebenfalls die Unternehmensrisiken: es besteht nur ein Förderanspruch, wenn das eigene Gebot erfolgreich ist. Das kann – insbesondere mit Blick auf eine sicherzustellende Versorgungsverpflichtung und die Projektierungszeiträume – ggfs. dazu führen, dass ein Investor statt einer KWK-Anlage eine andere (evtl. weniger effiziente) Erzeugungsanlage plant, was kontraproduktiv wäre hinsichtlich des KWK-Ausbauziels. Aus Sicht des Fördergeldgebers führt ein wettbewerbliches Verfahren zu einer höheren Kosteneffizienz. Deshalb ist zu prüfen bzw. sicherzustellen, dass ein ausreichender Wettbewerb im ausgeschriebenen Marktsegment gegeben ist. Auch aus rechtlicher Sicht stellen Marktprämien-Varianten sowie Ausschreibungen als Mittel zur Festlegung der Beihilfe geeignete Instrumente dar.

Gleichwohl die fixe Marktprämie mit Korridor ebenso gut bewertet wird wie die beiden anderen, derzeit angewendeten Förderinstrumente, gibt es keinen Grund für eine Umstellung auf dieses Instrument. Dies liegt einerseits daran, dass jede Umstellung mit Aufwand beim Gesetzgeber, aber auch bei den Adressaten der Förderung (Einarbeitung in neue Regeln, Überarbeitung von internen Wirtschaftlichkeitsrechnungen etc.) verbunden ist, dem aber in diesem Fall kein rechtfertigender Vorteil entgegensteht. Außerdem zeigt die mittelfristige Bewertungsperspektive die Tendenz auf,

dass die fixe Marktprämie mit Korridor hinsichtlich der Bewertung gegenüber den beiden anderen Alternativen zurückfällt; d.h. später ein erneuerter Wechsel des Instruments erforderlich sein könnte. Dies widerspricht dem Ziel der Kontinuität, also der längerfristigen Nutzung eines Förderinstruments.

Zweite Wahl mit relativ deutlichem Abstand sind in der angeführten Reihenfolge die Instrumente:

- Einspeisevergütung,
- Gleitende Marktprämie,
- Investitionshilfen.

Grund für das schlechtere Abschneiden gegenüber der oben genannten Gruppe ist in allen Fällen, dass in den beiden wichtigsten Kriterien Effektivität und Kosteneffizienz mindestens einmal eine nur neutrale oder sogar negative Bewertung zu verzeichnen ist; in den anderen Kriterien gibt es zudem einige nicht positive Noten.

Dritte Wahl sind in der angeführten Reihenfolge die Instrumente:

- Steuerliche Vergünstigungen,
- Quotensystem.

Sie weisen nicht nur negative Bewertungen in den beiden wichtigsten Kriterien Effektivität und Kosteneffizienz auf, sondern sind auch in fast allen anderen Kriterien den Alternativen unterlegen. Dies beruht im Wesentlichen auf deutlich höheren Unsicherheiten bei der Anwendung dieser Instrumente; beim Quotensystem kommt eine größere Komplexität erschwerend hinzu. Außerdem handelt es sich um die beiden Instrumente, die aus rechtlicher Perspektive als weniger geeignet eingeordnet werden.

Das Ergebnis erweist sich als sehr robust hinsichtlich des Einflusses der Einzelbewertungen. Das bedeutet, dass eine mögliche Änderung von ein oder zwei Einzelbewertungen um eine Bewertungsstufe keinen relevanten Einfluss auf das Gesamtfazit hat.

6.8.2 Gesamtbewertung bei mittelfristiger Perspektive

In Abschnitt 6.3.4 wurde bereits angeführt, welche Bewertungskriterien im Zeitverlauf an Bedeutung zunehmen – einerseits bei der Bedeutung (Gewichtung) der Kriterien, andererseits bei einzelnen Bewertungen. Da es sich um einen kontinuierlichen Prozess handelt und es somit keine klare Zuordnung eines bestimmten Zeitpunktes geben kann, ist es sinnvoll, die absehbaren Entwicklungen über Trendpfeile zu kennzeichnen.

Tabelle 50 zeigt die Ergebnisse von Tabelle 48 mit der Erweiterung durch die Trendpfeile. In Bezug auf die Kriterien gibt ein nach oben zeigender Pfeil an, dass sich die Bedeutung des Kriteriums

relativ gegenüber den anderen mit der Zeit erhöhen wird. Bei der Bewertung zeigen die Pfeile an, ob bzw. wie sich die Note bei einer langfristigen Betrachtung verändern wird. Die Gesamtbewertung in den Trendspalten verdichtet die dargestellten Einzelentwicklungen.

Tabelle 50: Bewertung der Förderinstrumente bei mittelfristiger Perspektive

Relative Gewichtung der Kriterien	Trend	Bewertungskriterien	A Einspeisevergütung	Trend	B Gleitende Marktprämie	Trend	C Fixe Marktprämie mit Korridor	Trend	D Fixe Marktprämie	Trend	E Ausschreibungen	Trend	F Steuerliche Vergünstigungen	Trend	G Investitionshilfen	Trend	H Quotensystem	Trend
H	→	1 Effektivität	+	↓	+	↓	++	→	+	↑	+	↑	-	↓	-	↓	-	→
H	→	2 Kosteneffizienz	=	→	=	→	+	↑	+	↑	++	→	-	↓	-	↓	-	→
M	↑	3 Systemdienlichkeit Strommarkt	- -	→	-	↓	=	→	+	↑	+	↑	=	→	=	→	=	→
M	↑	4 Strommarktkompatible Investition	=	↓	=	↓	+	↑	+	↑	+	↑	++	→	++	→	=	→
N	→	5 Auswirkungen auf EE-Stromanlagen	-	→	-	→	=	→	=	↑	=	↑	=	↑	=	↑	=	↑
N	↑	6 Auswirkungen auf EE-Wärmeanlagen	-	↓	-	↓	=	→	+	↑	+	↑	=	→	=	→	=	→
N	→	7 Verteilungseffekte	=	→	=	→	=	→	=	→	-	↑	-	→	=	→	=	→
M	↑	8 Anpassbarkeit Förderstruktur	=	↓	=	↓	+	↑	++	→	=	↑	-	↓	-	↓	- -	→
M	→	9 Regulierungsrisiken	+	→	+	→	=	→	=	→	+	→	-	→	=	→	- -	→
M	→	10 Unternehmensrisiken	++	→	+	→	+	→	=	→	-	↑	-	→	+	→	- -	→
N	↑	11 Europäische Integration	+	→	=	→	=	→	+	→	+	→	-	→	+	→	- -	→
		Gesamtbewertung	=	=	=	-	+	+	+	+(+)	+	+(+)	-	-	=	=	-	-

H: Hoch M: Mittel N: Niedrig

Quelle: IFAM, Öko-Institut 2017

Es zeigt sich, dass die bisherige Dreiteilung in der Gesamtbewertung grundsätzlich erhalten bleibt. Die im Abschnitt 6.8.1 als weniger oder gar nicht geeigneten Instrumente verbessern sich im Laufe der Jahre bei der Bewertung nicht. Es liegen keine derzeit absehbaren Gründe vor, dass diese Instrumente zu einem späteren Zeitpunkt (bei gleichbleibendem Förderdesign / Zielbild) zur Umsetzung empfohlenen werden sollten.

Von den aus heutiger Sicht vorteilhaften Instrumenten fällt die fixe Marktprämie mit Korridor gegenüber der fixen Marktprämie und Ausschreibungen etwas zurück. Der zentrale Grund dafür ist, dass die Systemdienlichkeit am Strommarkt immer wichtiger wird. Um

eine Betriebsführung anzureizen, die sich an der aktuellen Menge des regenerativ erzeugten Stroms orientiert, ist ein ungedämpftes Strompreissignal von Vorteil gegenüber einer Variante, die über einen festgelegten Preiskorridor sehr niedrige Strompreise auf einen höheren Mindestpreis anhebt.

Das bedeutet, dass die Instrumente Fixe Marktprämie und Ausschreibungen auch längerfristig die geeigneten Instrumente sind, sofern das derzeitige Zielsystem grundsätzlich erhalten bleibt. Im Falle der Ausschreibungen sind die im Abschnitt 6.8.1 genannten Aspekte zu berücksichtigen. In diesem Fall ist absehbar kein Wechsel der Förderinstrumente erforderlich, sondern nur eine Weiterentwicklung, bspw. über eine Anpassung von Förderbedingungen oder eine Integration von Elementen.

6.9 Fazit & Empfehlungen

In diesem Arbeitspaket wurde für den Evaluierungsplan der Kommission die bisherige Förderung im KWKG mit alternativen Förderinstrumenten verglichen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die bestehenden Förderinstrumente (Fixe Marktprämien und Ausschreibungen) mit der Förderung von KWK-Strom bei kurzfristiger Perspektive (die jüngste Vergangenheit seit der letzten Novelle des KWKG ist dabei inkludiert), die geeignetsten Instrumente sind, um die derzeitigen Ziele des KWKG zu erreichen.

Aus rechtswissenschaftlicher Perspektive sprechen gegen die untersuchten Fördermechanismen weder durchgreifende verfassungsrechtliche noch beihilferechtliche Gesichtspunkte. Vorbehaltlich der konkreten Ausgestaltung des jeweiligen Mechanismus lassen sich zwar gewisse Bewertungsunterschiede bei der Geeignetheit feststellen; in Summe sind jedoch alle Mechanismen rechtlich grundsätzlich gangbar.

Während die Ausschreibungen über die wettbewerbliche Vergabe der Förderung eine sehr kosteneffiziente Förderung erbringt, bieten feste Marktprämien Vorteile hinsichtlich der Integration einzelner Förderbedingungen und sind immer dann erste Wahl, wenn es sich um Segmente des Marktes handelt, bei denen ein ausreichender Wettbewerb nicht gegeben ist. In diesem Sinne ergänzen sich beide Instrumente zielführend. Welche Anlagenkategorien oder Marktsegmente für eine Ausschreibung geeignet sind, wurde bei der Erarbeitung des Ausschreibungsdesigns [Ecofys, 2017] bereits skizziert. Diese Vorab-Einschätzungen lassen sich in absehbarer Zeit konkretisieren, wenn die Erfahrungen aus den ersten Ausschreibungsrunden vorliegen.

Durch die Förderung der KWK-Anlagen kommt es – wie bei jeder Förderung – zu einer gewissen Marktverzerrung. Diese steht allerdings in einem angemessenen Verhältnis zur Zielerreichung des KWKG, aber auch des Ziels der übergeordneten Ebene der Energiepolitik. Zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende und der

Einhaltung der Klimaschutzziele besteht die zwangsläufige Erfordernis, in immer größerem Umfang emissionsarme oder -freie Energieträger zu nutzen (und damit fossile Energieträger, insbesondere Kohle, zu substituieren), inflexible durch flexible, systemdienliche Anlagen sowie weniger effiziente Erzeugungsanlagen durch hocheffiziente Anlagen zu ersetzen.

Durch die im KWKG enthaltenen Elemente und Bedingungen wie die Förderung „innovativer KWK-Systeme“, das Hocheffizienzkriterium, erhöhte Flexibilitätsanforderungen im Ausschreibungssegment sowie erhöhte Förderbeträge für den Ersatz von auf Basis von Braun- oder Steinkohle erzeugtem KWK-Strom ist die heutige Förderung unmittelbar an diese Zielverfolgung geknüpft. Diese Förderelemente sind vielversprechende Ansätze dafür, dass das derzeitige Fördersystem nicht pauschal die KWK als Technik an sich gegenüber der nicht gekoppelten Erzeugung bevorteilt, sondern für die zukunftsfähigen Erzeugungsanlagen den bestehenden ökonomischen / wettbewerblichen Nachteil am Markt verkleinert gegenüber älteren Bestandsanlagen, die mit deutlich geringeren Kapitalkosten belastet sind. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen ist ohne eine Förderung nicht mit ausreichend schneller Verdrängung der besonders klimaschädlichen Erzeugungsanlagen zu rechnen. Durch hinreichend hohe CO_2-Preise oder ordnungsrechtliche Maßnahmen könnten sich mittelfristig weitere Anreize ergeben; im Falle solcher Rahmenbedingungsänderungen wäre eine angepasste Bewertung der KWKG-Elemente erforderlich.

Der Merit-Order-Effekt durch KWK ist deutlich kleiner als bei erneuerbaren Energien. Die KWK-Umlage von 0,463 ct/kWh ab 1.1.2017 ist gegenüber der EEG-Umlage in Höhe von 6,88 ct/kWh etwa um den Faktor 15 kleiner. Die Effekte auf den Strompreis sind dementsprechend geringer.

Es ist zu empfehlen, grundsätzlich an den bestehenden Förderinstrumenten festzuhalten, so lange einerseits eine auf KWK-Technologie bezogene Förderung zu den laufenden Marktentwicklungen passt bzw. als sinnvoll erachtet wird und andererseits die Zieldefinition sich nicht grundlegend ändert. Daraus folgt keine Aussage, wie lange die Grundbedingungen für das untersuchte Förderdesign noch gegeben sein werden und in welchem Umfang es über diesen Zeitpunkt hinaus eine KWK-Förderung geben sollte und wie dann ein geeignetes Instrumentarium aussehen sollte.

6.10 Ausblick auf die Weiterentwicklung des KWKG

In den Kapiteln 4 und 5 ist dargestellt, dass die KWK-Förderung in den nächsten Jahren vor großen Herausforderungen steht. Im Kern geht es um die Frage, ob und wie lange (fossile) KWK noch gefördert werden soll und wie das KWKG (oder ein anderer Fördermechanismus so (weiter)entwickelt werden kann, dass eine

Transformation der KWK hin zu mehr Energieeffizienz und erneuerbaren Energien unterstützt wird.

Eine solche Weiterentwicklung des jetzigen KWKG zu einem Instrument, welches stärker auf den Erzeugungszeitpunkt und die Systemdienlichkeit der KWK setzt und zudem immer mehr erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Wärmenetze fördert, erfordert eine komplette Neubewertung der möglichen Förderinstrumente, die den Rahmen dieses Arbeitspaketes sprengen würde.

Es lassen sich allerdings schon heute gewisse, grundlegende Entwicklungsperspektiven absehen. Die KWK leistet durch die gekoppelte Erzeugung schon heute einen Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz sowohl auf der Strom-, als auch auf der Wärmeseite. Dieser Beitrag kann und sollte sich mittelfristig auf der Wärmeseite erhöhen. Daraus ergibt sich, dass dann sowohl das Förderziel des KWKG entsprechend angepasst werden muss als auch der Fördermechanismus, damit dieser dazu beiträgt, den Anteil der erneuerbaren Energien bei der Wärmebereitstellung zu erhöhen – eine andere Zielsetzung als im Strommarkt, wo es vor allem um die Vermeidung der Verdrängung von EE-Strom geht. Außerdem geht es darum, Wärmenetze zu fördern bzw. deren Modernisierung, z.B. durch Reduktion des Temperaturniveaus zur besseren Integration von EE-Wärme. Im Gegensatz zu heute wäre der große Vorteil, dass im KWKG die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung über einen umlagefinanzierten Mechanismus und Betriebsbeihilfen gefördert werden könnten.

Diese Entwicklung bedingt, dass das KWKG seinen heutigen Fokus von der stromseitigen Förderung erweitern würde auf eine Weiterentwicklung sowohl der Strom- als auch der Wärmeseite. Im Wärmemarkt wird der systemdienliche Betrieb der KWK-Anlagen für längere Zeit noch eine geringere Rolle spielen als im Strommarkt, da der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Erzeugung im Strommarkt derzeit etwa beim Dreifachen im Vergleich zum Wärmemarkt liegt und zudem einen steileren Gradienten aufweist. Es wird deshalb vor allem um zusätzliche Anreize zu Wärmewende-tauglichen Investitionen gehen, um die derzeit noch viel zu geringe Transformationsgeschwindigkeit im Wärmemarkt zu erhöhen.

Je stärker diese Neuorientierung erfolgt, umso eher könnte eine mögliche Konsequenz sein, als gefördertes Gut auch bzw. zu einem späteren Zeitpunkt sogar ausschließlich die kWh KWK-Wärme zu fördern. Als Folge eines geänderten Förderschwerpunktes stellt sich die Frage, ob oder ab wann auch die Kostenumlage auch bzw. ausschließlich auf die Wärmeseite verlagert werden sollte.

7 Ableitung von Handlungsempfehlungen

Zusammenfassung

Das KWKG wurde bis Ende 2025 verlängert. Die Ziele für 2020 und 2025 sollten grundsätzlich beibehalten werden. Parallel sollten die Sekundärziele beibehalten und durch die Anforderungen Flexibilität und Systemdienlichkeit ergänzt werden.

Sofern das KWKG über den Zeitraum 2025 fortgeführt wird, sollten zwei neue Hauptziele für 2030 gesetzt werden:

- Erhöhung der KWK-Stromerzeugung auf 40 bis 45 % an der regelbaren Stromerzeugung (entspricht einer absoluten KWK-Nettostromerzeugung von voraussichtlich 110 bis 120 TWh)
- Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Fernwärmeerzeugung auf 30%

Das KWK-Gesetz sollte klare Leitlinien setzen. Dies betrifft einerseits die weitere Dekarbonisierung und Flexibilisierung der KWK, die Kombination aus KWK-Nutzung und erneuerbarer Energien sowie den Ausbau der Fernwärmenetze.

In den nächsten Jahren sollte das KWKG vor allem den Ersatz von Kohle- zu Gas-KWK verstärkt fördern und Impulse für den weiteren Ausbau und zur Dekarbonisierung von Wärmenetzen setzen.

Dazu sollte neben der Weiterentwicklung der Ausschreibung von innovative KWK Systemen ein EE-Wärmebonus eingeführt werden, der den Ausbau von Systemen aus KWK und EE-Wärme in allen KWK-Größenklassen anreizt.

Höhere Anforderungen an die Primärenergieeinsparung der KWK sowie die Einbeziehung der Methanemissionen beim Verbrennungsprozess können die Treibhausemissionen der KWK weiter senken.

Zur stärkeren Flexibilisierung der KWK werden verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen. Dazu gehören u.a. eine verschärfte Regelung der Förderung bei negativen Strompreisen und die Begrenzung der Förderung auf eine Maximalzahl an jährlich förderfähigen Stunden.

Einzelne Förderzugangsvoraussetzungen sollten hinsichtlich einer besseren Zielereichung aber auch einer Vereinfachung der Administration optimiert werden.

Neben dem KWKG besteht im regulatorischen Umfeld der KWK Anpassungsbedarf. Dies betrifft insbesondere eine angemessene CO_2-Bepreisung innerhalb und außerhalb des

Emissionshandels sowie Regelungen im Gebäudebereich (z.B. eine Anpassung der Primärenergiefaktoren, das Ende der Förderung fossiler Heizungen usw.).

Die mittel- bis langfristige Weiterentwicklung des KWKG ist stark von den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig. Prinzipiell erscheint die Weiterentwicklung des KWKG zu einer Förderung mit Fokus auf die stärkere Realisierung regenerativer Energiequellen u. a. in KWK und eines weiteren Fernwärmeausbaus sinnvoll.

Aus den Analysen in den vorherigen Kapiteln ergeben sich Empfehlungen, wie das KWKG kurz- und mittelfristig weiterentwickelt werden sollte, um eine sinnvolle Rolle in einem transformierten Energiesystem zu spielen. Diese Handlungsempfehlungen werden in diesem Kapitel im Detail vorgestellt. Daneben werden die allgemeinen energiepolitischen und -wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die eine sinnvolle Rolle der KWK ermöglichen, beschrieben und der Anpassungsbedarf für diese Rahmenbedingungen dargestellt.

7.1 Beibehaltung und Verlängerung des KWKG bis 2025

Im Rahmen des Ende 2018 beschlossenen Energiesammelgesetzes wurde das KWKG bis zum Jahr 2025 verlängert. Die beihilferechtlichen Notifizierung dafür muss allerdings noch erfolgen.

Wie in Kapitel 5 dargelegt, bleiben gasbetriebene KWK-Anlagen mittelfristig sinnvoll im Strom- und Wärmesystem, wenn sie sich flexibilisieren und auf der Strom- und Wärmeseite emissionsintensivere Erzeuger ersetzen (siehe Kapitel 5). Die Bedeutung von Netzen und Speichern bleibt langfristig bestehen und nimmt dabei tendenziell zu. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen ist der Neubau von KWK-Anlagen sowie der Ausbau von Speichern und Wärmenetzen häufig ohne Förderung nicht wirtschaftlich. Die erfolgte Verlängerung schafft über das Jahr 2022 hinaus Planungssicherheit für die Errichtung von neuen KWK-Anlagen und Modernisierungen. Um sicherzustellen, dass KWK-Anlagen eine möglichst hohe Primärenergie und CO_2-Einsparung liefern, werden im Folgenden auch Anpassungen im KWKG vorgeschlagen, die bereits vor 2025 wirksam werden sollten.

Bei der Errichtung von Neubau-Gas-KWK-Anlagen sollte im Sinne des Ziels der CO_2-Vermeidung in den nächsten Jahren ein Fokus auf dem Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen liegen. Aus heutiger Perspektive sind kurzfristig sowohl die Grundstruktur des KWKG (Förderung von KWK-Strom) als auch die derzeitigen Instrumente wie etwa Ausschreibung der Förderhöhe oder Investitionszuschüsse für Speicher und Netze dafür gut geeignet.

Rechtzeitig vor dem Jahr 2025 ist erneut zu prüfen, ob das KWKG zur Förderung der Transformation in Richtung CO_2-freier Strom-

und Wärmeerzeugung weiter genutzt werden kann und in welchem Maße bzw. in welchen Marktsegmenten eine CO_2- oder Brennstoffersparnis für die KWK weiterhin gegeben ist.

Überblick Empfehlungen

→ KWK-Ziele für 2020 und 2025 grundsätzlich beibehalten

→ Evaluierung des KWKG rechtzeitig vor 2025, um mittelfristige Entwicklung des KWKGs zu eruieren

7.2 Anpassung Ziel KWKG

Das heutige KWKG unterscheidet ein **Primärziel** (Erhöhung der KWK-Stromerzeugung auf 110 TWh bis zum Jahr 2020 sowie auf 120 TWh bis zum Jahr 2025) und ein **Sekundärziel** (geringerer Ressourcenverbrauch, Energieeinsparung und Umwelt- und Klimaschutz). Für das Primärziel ist als Indikator für die Durchdringung des Stromsystems mit der KWK-Technologie die absolute KWK-Stromerzeugung gewählt worden.

Mittel- und langfristig wird es immer schwieriger, ein absolutes KWK-Ziel für einen bestimmten Zeitpunkt festzulegen, da die zum restlichen System passende KWK-Stromerzeugungsmenge von verschiedenen Faktoren (insbesondere dem EE-Ausbau) abhängt und prognostisch nicht genau zu bestimmen ist.

Neben dem Umbau der Stromversorgung zu einer weitgehend CO_2 freien Erzeugung basierend auf erneuerbaren Energien, muss die Wärmeversorgung zukünftig ebenfalls emissionsarm erfolgen. Eine wichtige Rolle spielen dabei wie in Kapitel 5 erläutert Wärmenetze. Um eine langfristige Senkung der CO_2-Emissionen der Fernwärme zu erreichen, sollte der Anteil erneuerbarer Erzeugung an der Fernwärme ebenfalls in einem eigenen Ziel adressiert werden.

Vor diesem Hintergrund werden zwei neue Hauptziele für 2030 vorgeschlagen:

- KWK-Erzeugung: 40 bis 45 % KWK-Nettostromerzeugung an der regelbaren Stromerzeugung (brennstoffbasierte Kraftwerke und Wasserkraft). Dies entspräche je nach Szenario im Jahr 2030 einer KWK-Nettostromerzeugung von 100 bis 120 TWh (siehe Kapitel 5.1.1).
- Erneuerbare Wärmeerzeugung: Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Fernwärmeerzeugung auf 30 % der Fernwärmeerzeugung.

Der erste Indikator beschreibt das sinnvolle Einsatzgebiet der KWK im Stromsektor: Wann immer Strom in (regelbaren)

Verbrennungsprozessen erzeugt wird, sollte dies, wenn möglich, so effizient wie möglich erfolgen. Zur Deckung der Spitzenlast ist jedoch nicht bei jedem Verbrennungsprozess eine gekoppelte Nutzung der Abwärme möglich. Dieser Indikator löst außerdem den Zielkonflikt zwischen KWK und erneuerbarer Erzeugung. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass über diesen Indikator auch die KWK-Erzeugung aus Biomasse systemkonform austariert wird. Steigt der Anteil der übrigen, fluktuierenden erneuerbaren Stromerzeugung schnell, passt sich das KWK-Erzeugungsziel automatisch an.

Der zweite, neu eingeführte Indikator betont die zukünftige Ausrichtung der Fernwärmeversorgung auf Dekarbonisierung. Die Erhöhung von CO_2-freier Wärmeerzeugung ist notwendig, um die Klimaziele im Wärmesektor zu erreichen, und wird explizit im Ziel widergespiegelt.

Der vorgeschlagene Zielwert für den erneuerbaren-Anteil an der Fernwärmeerzeugung beinhaltet nur erneuerbare Energien im engeren Sinne und keine Abwärme. Sofern Abwärme bei der Zielsetzung berücksichtigt würde, müsste der Zielwerte entsprechend höher angesetzt werden. Vorher muss definiert wie Abwärme im Sinne dieses Zielwertes definiert und statistisch erfasst werden kann. Das vorgeschlagene Ziel für den EE-Anteil 2030 der Fernwärmeerzeugung von 30% ist verglichen zum historischen Ausbau von erneuerbaren Energien in der Fernwärme relativ ambitioniert, setzt aber gleichzeitig voraus, dass nach 2030 die erneuerbaren-Anteile an der Fernwärmeerzeugung noch wesentlich schneller steigen müssen, um Richtung 2050 das Ziel einer weitgehend dekarbonisierten Fernwärmeerzeugung zu erreichen. Anders ausgedrückt: ein gering angesetztes Ziel würde unrealistisch hohe Steigerungsraten für den Zeitraum 2030 bis 2050 bedeuten.

Dieser Zielwert ist keine Vorgabe für einzelne Wärmenetze, sondern genau wie das bisherige KWK-Stromerzeugungsziel, als übergreifendes Gesamtziel zu verstehen. Durch die Einführung eines Zielwertes für den erneuerbaren Anteil wird die weitere Dekarbonisierung der Fernwärme auch indirekt unterstützt, weil damit eine erwartete Entwicklung quantifiziert wird und den Netzbetreibern als Orientierungswert dienen kann.

Ein Ausbau der Fernwärmenetze und deren Versorgung mit Erneuerbaren Energien leistet damit einen Beitrag zur Erreichung der verbindlichen Ziele von Deutschland unter der europäischen Lastenteilungsverordnung. Auch ist eine Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energien im Wärmesektor erforderlich, um die auch im europäischen Rahmen verbindlich kommunizierten Erneuerbaren-Energien-Anteile am Brutto-Endenergieverbrauch zu erreichen. Zudem senkt der Einsatz der Erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung direkt die nationalen Treibhausgasemissionen von Deutschland und dient somit der nationalen Emissionsminderung.

Regelungen im KWKG sollen, neben anderen Gesetzen und Regelungen zur Erreichung dieses Ziels beitragen. Im Kontext der

RED II wird in Europa und Deutschland diskutiert, wie Abwärme (siehe Kapitel 4.1.5) genau definiert und statistisch erfasst werden kann. Wenn es darüber ausreichend Klarheit gibt, könnte die Abwärmenutzung bei der Zieldefinition und der Festlegung der (dann höheren) Zielhöhe berücksichtigt werden.

Derzeit bestehen etwa drei Viertel der im Wärmesektor eingesetzten Erneuerbaren Energien aus fester Biomasse (9,5 von 14,2 Mtoe- Eurostat RES shares 2018). Eine wesentliche Steigerung des Anteils der festen Biomasse ist wegen Nutzungskonkurrenzen mit anderen Sektoren und der nicht vollständigen Treibhausgasneutralität nicht zielführend.

Zusätzlich zu den beiden Hauptzielen sollten die Sekundärziele ebenfalls angepasst werden. Hier erscheint es sinnvoll, Ressourcenverbrauch, Energieeinsparung sowie Umwelt- und Klimaschutz als Sekundärziele beizubehalten und um Flexibilität und Systemintegration zu ergänzen. Damit wird die notwendige Anpassung des KWK-Systems an steigende erneuerbare Anteile im Strom- und Wärmesystem übergreifend festgelegt.

Überblick Empfehlungen

- → KWK-Ziel in 2030 auf Transformation Strom- und Wärmesystem ausrichten: Anteil KWK an der regelbaren Stromerzeugung von 40-45 % und Anteil EE an der Fernwärme von 30 %
- → Sekundärziele des KWKG beibehalten und um Flexibilität und Systemintegration ergänzen

7.3 Kurzfristige Weiterentwicklung KWKG

Neben den Empfehlungen die Ziele im KWKG anzupassen, ergeben sich aus der durchgeführten Evaluierung Vorschläge, um die Erreichung der Primär- und Sekundärziele kurzfristig zu unterstützen und bestehende Fehlanreize abzubauen, die im Folgenden vorgestellt werden.

7.3.1 Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen

Entsprechend den Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ soll der Ausstieg aus der Kohleverstromung bis spätestens 2038 erfolgen. Bereits bis zum Jahr 2030 soll die im Markt befindliche Leistung der Kohlekraftwerke auf 15 GW zurückgehen. Voraussichtlich werden die neuesten Blöcke als letztes stillgelegt. Da die in den letzten 10 Jahren gebauten Blöcke nur in Ausnahmefälle KWK-Anlagen sind, ist damit zu rechnen, dass bis 2030 bereits der Großteil der KWK-Kohle-Kraftwerke stillgelegt wird. In vielen Fällen wird die damit wegfallende Wärmeerzeugung, zumindest anteilig, durch neue Gas-KWK-Kraftwerke erfolgen.

Anpassungen im KWKG zum Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen müssen daher im Kontext mit den übergreifenden Regelungen zum Kohleausstieg in Deutschland abgestimmt sein.

Die folgenden Ansätze im KWKG sind aus heutiger Sicht vorstellbar:

Kohle-KWK-Anlagen sind detailliert in Kapitel 4 dargestellt. Bei einer Stilllegung dieser Anlagen muss die Fernwärmeversorgung weiterhin sichergestellt werden. Dazu müssen teilweise neue Gas-KWK-Anlagen gebaut werden. Um diesen Ersatz anzureizen, empfiehlt es sich, bestehende Instrumente weiterzuentwickeln oder ein eigenes Instrument dafür im KWKG zu verankern. Dabei sind u.a. folgende Ausgestaltungsmöglichkeiten denkbar:

- Kohleersatz-Bonus auf den festgelegten Zuschlagssatz/ auf den in einer Ausschreibung ermittelten Zuschlagssatz
- Ausschreibung eines Kohleersatz-Segments (ähnlich einer Quote auf die gesamte Ausschreibungsmenge)

Die Fortführung des Kohleersatz-Bonus hätte den Vorteil, dass dieses Instrument bereits bekannt ist und für Planungssicherheit bei den Anlagenbetreibern sorgt. Nachteile liegen in der schwierigen Parametrisierung der Höhe des Bonus. Wird dieser zu niedrig gesetzt, gibt es kaum Effekte, ein zu hoher Bonus sorgt für Mitnahmeeffekte.

Die Ausschreibung eines Kohleersatz-Segments würde für Sicherheit in Bezug auf die maximale Zubaumenge sorgen. Weitere Forderungen (z. B. zu EE-Anteilen, s. auch Unterkapitel zu

innovativen KWK-Systemen) könnten leichter implementiert werden. Nachteilig ist jedoch, dass wahrscheinlich eine hohe Marktmacht auf Seiten der Anlagenbetreiber auftreten könnte, falls nur für wenige Anlagen Gebote abgeben werden.

Ein Instrument für den Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen könnte auch gemeinsam mit der Förderung von allen Neubauanlagen konzipiert werden. Falls eine Öffnung der Segmentausschreibung für alle Anlagen über 50 MW durchgeführt wird, (siehe detaillierte Ausführung in Kapitel 7.3.2) könnten dann Ausschreibungsmengen für Neubau und Kohle-Ersatz gemeinsam ermittelt werden.

Offene Punkte stellen der Umgang mit noch nach dem KWKG 2012 bzw. der Übergangsregelung nach dem KWKG 2017 geförderten Kohle-KWK-Anlagen dar und der Umgang mit Kohle-KWK in der Industrie. Der Ersatz von Kohle-KWK-Anlagen in der Industrie, die vor allem der Strom-Eigenversorgung dienen und über das Eigenversorgungsprivileg des EEG gefördert werden, müsste aufgrund der anders gelagerten Wirtschaftlichkeit ggf. über ein eigenes Instrument adressiert werden.

Überblick Empfehlungen

→ Umsetzung der Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ zum Kohleausstieg abwarten und auf dieser Grundlage Umgang mit Kohle-KWK-Anlagen im KWKG regeln.

7.3.2 Ausschreibung der Förderung von KWK-Anlagen

Um weiterhin kompatibel mit den Umwelt- und Energiebeihilfeleitlinien (UEBLL) zu sein, ein einfacheres Instrument für den Ersatz der Kohle-KWK-Anlagen einführen zu können (siehe vorherigen Abschnitt) und die KWK-Förderung insgesamt zu vereinheitlichen, könnte die Ausschreibungen auf einen größeren Teil der Förderung ausgedehnt werden. Dies könnte auch die Ausweicheffekte an den Rändern der Fördergrenzen verringern. Ein weiterer Vorteil von Ausschreibungen liegt in der möglichen Steuerung der Zubaumenge. Voraussetzung dafür wäre, dass es absehbar genügend Wettbewerb für die neu adressierten Marktsegmente gibt.

Die Ergebnisse der drei KWK-Ausschreibungsrunden haben gezeigt, dass eine Ausschreibung der Förderung auch im KWK-Bereich prinzipiell gut funktionieren kann (s.a. Kap 4.4.). Die Ausschreibungen waren (leicht) überzeichnet und haben zu moderaten Zuschlagssätzen geführt. In dem entsprechenden Leistungssegment von 1 bis 50 MW gab es in der Vergangenheit bereits relativ viele Projekte. So wurden zwischen 2013 und 2016 im Jahresmittel 133 Projekte in die Förderung aufgenommen (siehe Tabelle 28).

Im Leistungssegment über 50 MW gab es im gleichen Zeitraum im Jahresmittel nur 5 Neubau- und Modernisierungsprojekte. Inwiefern eine Ausweitung das Ausschreibungen für Anlagen über 50 MW sinnvoll ist, hängt im Wesentlichen von der zu erwartenden Projektanzahl und der Wettbewerbsintensivität ab.

Eine Orientierung zur zukünftigen Anzahl von Gas-KWK-Neubauprojekten ab 50 MW kann aus den heute bestehenden Kohle-KWK-Anlagen abgeleitet werden. Diese Anlagen müssen kurz-bis mittelfristig ersetzt werden. Gemäß den Darstellungen in Kapitel 4.1.3 gibt es 65 größere Kohle-KWK-Blöcke. Für deren Ersatz kämen wärmeseitig neue Gas-KWK-Anlagen mit einer Leistung von 50 MW oder mehr prinzipiell in Frage. Für einen Teil der Blöcke sind heute schon konkrete Ersatzprojekte im Bau entfallen damit für eine mögliche zukünftige Ausschreibung. Nicht in Betracht kommen daneben relativ neue Kohle-KWK-Kraftwerke, die voraussichtlich erst nach 2030 stillgelegt werden sowie Industrie-KWK-Anlagen, für die Eigenversorgungskonzepte wirtschaftlicher als eine Förderung der Netzeinspeisung sind. Mit diesen Überlegungen verblieben für einen fiktiven Inbetriebnahmezeitraum von 2023 bis 2030 etwa 30 bis 35 Projekte. Dies entspräche im Jahresmittel etwa 4 KWK-Projekten. Zusätzliche Projekte, die unabhängig vom Kohleersatz sind, könnten die Anzahl noch leicht erhöhen. Folgende Varianten zur Ausweitung der Ausschreibungen auf Anlagen über 50 MW sind denkbar:

Variante 1: Separate Ausschreibung für das Segment über 50 MW

- Vor dem Hintergrund, der zu erwartenden sehr geringen Fallzahl (etwa 4 pro Jahr) müsste bei dieser Variante ein spezielles Ausschreibungsdesign gefunden werden, um genügend Wettbewerb sicherzustellen. Theoretisch denkbar wäre, nur wenige Ausschreibungsrunden durchzuführen (z.B. alle 2 Jahre), um eine ausreichende Anzahl von Geboten zu erreichen. Die damit verbundene große Wartezeit zwischen den Ausschreibungen könnte für Investoren zu größerer Unsicherheit führen und der Politik das Nachsteuern des Designs erschweren

Variante 2: Gemeinsame Ausschreibung ab 1 MW

- Die Anzahl der potenziellen Teilnehmer wäre bei einer gemeinsamen Ausschreibung aller Anlagen ab 1 MW. Es wären größere Schwankungen bei den Ergebnissen zu erwarten. Je nach Anzahl der größeren Gebote kann das Ergebnis zwischen deutlicher Unterzeichnung mit hohen Zuschlagssätzen und nur einzelnen bezuschlagten Großprojekte liegen. Eine Beibehaltung des bisherigen 6-monatigen Ausschreibungszyklus wäre voraussichtlich nicht möglich.

Vor dem Hintergrund dieser Ausgangslage ist vorerst eine Ausweitung der Ausschreibungen auf alle Anlagen über 50 MW nicht zu empfehlen. Es sollte aber genauer geprüft werden, ob doch Ausschreibungsvarianten denkbar sind, die trotz der geringen zu

erwartenden Fallzahl ausreichend Wettbewerb und Sicherheit für alle Akteure ermöglichen.

Für Anlagen unter 1 MW sollten die festen Zuschlagssätze beibehalten werden. Diese Anlagen sollten aber die Option erhalten, freiwillig an den Ausschreibungen teilzunehmen. Falls diese Option viele Anlagen unter 1 MW nutzen, könnte die Schwelle für eine verpflichtende Teilnahme an den Ausschreibungen später weiter gesenkt werden.

Erfolgt eine Ausweitung des Ausschreibungssegments, müssen die Ausschreibungsmengen neu bestimmt werden, insbesondere wenn der Ersatz von Kohle KWK-Anlagen ebenfalls darüber angereizt werden soll. Gleichzeitig sollten die neu eingeführten Detailregelungen auf die gesamte Förderung übertragen werden.

Bei der Ausweitung der Ausschreibungen könnte zudem auch die Transformation der Fernwärme mit adressiert werden. Denn mittelfristig sollten KWK-Anlagen zusammen mit erneuerbaren Energien und Abwärme schrittweise die Fernwärmenetze dekarbonisieren. Wo möglich, könnte daher zukünftig ein verpflichtender erneuerbarer Anteil an der Wärmeerzeugung als Voraussetzung für eine KWK-Förderung eingeführt werden, ähnlich der Förderung innovativer KWK-Systeme. Dies ermöglicht, KWK- und erneuerbare Anlagen direkt als ein effizientes System zu planen und stetig den Anteil erneuerbarer Wärme an der Fernwärme zu erhöhen. Zur konkreten Ausgestaltung sollten die Erfahrungen aus den Ausschreibungen zu **innovativen KWK-Systemen** abgewartet werden.

Überblick Empfehlungen

- → Eine Ausweitung der Ausschreibungen auf Anlagen über 50 MW wird aufgrund der voraussichtlich sehr geringen Anzahl von Projekten nicht empfohlen.
- → Ausschreibungen für Anlagen < 1 MW freiwillig öffnen
- → Detailregelungen der Ausschreibung (z.B. Redispatch-Regelung) übertragen

7.3.3 Innovative KWK Systeme

Ab dem Jahr 2018 wird für innovative KWK-Systeme erstmals ebenfalls eine Ausschreibung von 50 MW durchgeführt. Um an der Ausschreibung teilnehmen zu können, müssen flexible KWK-Anlagen mit erneuerbarer Wärme, beispielsweise aus Solarthermieanlagen oder Wärmepumpen, kombiniert werden. Damit wird erstmals über das KWKG erneuerbare Energieerzeugung im Fernwärmesystem adressiert. Die ersten zwei Ausschreibungsrunden wurden inzwischen durchgeführt. In beiden Runden wurden Angebot mit verschiedenen Technikkombinationen (KWK und Wärmepumpe bzw. Solarthermie) eingereicht. Die erste Runde war leicht, die zweite deutlich unterzeichnet. Kurzfristig sollte überprüft

werden, ob Detailregelungen im Bafa-Merkblatt überprüft und ggf. angepasst werden können, um die Realisierung von zusätzlichen Projekten zu ermöglichen. Für eine grundsätzliche Bewertung sollten die Ergebnisse der weiteren Runden abgewartet werden.

Überblick Empfehlungen

→ Detailregelungen und Praxis überprüfen mit dem Ziel mehr Wettbewerb

7.3.3 Förderung von EE-Wärme in Kombination mit KWK

Durch die Förderung von innovativen KWK-Systemen wird im Leistungssegment von 1 bis 10 MW neben der KWK-Erzeugung auch die Einbindung von erneuerbar erzeugter Wärme gefördert. Über 80 % (siehe Tabelle 29) der durch das KWKG geförderten KWK-Leistung entfiel in den letzten Jahren auf Anlagen außerhalb des Leistungssegments 1 bis 10 MW.

Um kurzfristig auch in anderen Leistungsbereichen die notwendigen Impulse zur Erneuerung und Dekarbonisierung der Wärmenetze auszulösen, wird die Einführung eines neuen Bonus vorgeschlagen. Das Grundkonzept einer Kombination einer KWK-Anlage und der Erzeugung von erneuerbarer Wärme im gleichen Objekt/Wärmenetz kann dabei ähnlich wie bei den innovativen KWK-Systemen erfolgen.

Wenn ein bestimmter Anteil von erneuerbarer Wärme in Bezug auf die Wärmeerzeugung der geförderten KWK-Anlagen erfolgt, erhält diese einen Bonus. Neben einem bestimmten Mindestanteil von erneuerbarer Wärme (z.B. 10 %) bezogen auf die Gesamtwärmeerzeugung könnte der Bonus gestaffelt bei höheren EE-Wärmeanteilen festlegt werden.

Die genaue Ausgestaltung dieses vorgeschlagenen Bonus müsste noch genauer untersucht werden. Zu klären wären insbesondere neben der Höhe des Bonus und die Anforderungen an die erneuerbare Wärme sowie die Berücksichtigung von Modernisierungen. Die Regelung könnte prinzipiell für alle KWK-Größenklassen angewendet werden und damit auch Impulse zum Einsatz von erneuerbarer Wärme in der Objekt- und Quartiersversorgung liefern.

Durch eine Ausweitung der Systemförderung von KWK und erneuerbarer Wärme kann ein wichtiger Beitrag zur Dekarbonisierung im Wärmemarkt geleistet werden.

Mittelfristig ist voraussichtlich aber eine stärkere Konzentration auf die direkte Förderung von erneuerbarer Wärme notwendig, sofern nicht durch andere Rahmenbedingungen wie eine wirksame Energie- bzw. CO_2-Besteuerung im Wärmemarkt oder ordnungsrechtliche Vorgaben ein beschleunigter Ausbau von erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ermöglicht wird. Inwieweit das KWKG für die

Förderung von erneuerbarer Wärmeerzeugung, z.B. als Betriebsbeihilfe genutzt werden kann, ist heute noch offen. Ein Vorteil gegenüber bestehenden Programmen, welche nur einen Teil der Investition fördern, wäre die aus Beihilfegründen höhere mögliche Förderung. Insbesondere bei der Wärmeerzeugung von Großwärmepumpen wäre eine Betriebsförderung zudem auch naheliegend, da ein Großteil der Mehrkosten gegenüber konventioneller Wärmeerzeugung im Betrieb und nicht bei der Investition anfällt.

7.3.4 Methanschlupf

Wie in Kapitel 4.2.9 dargestellt wird bei der Nutzung von Biogas und Erdgas in Gasmotoren der Brennstoff nicht vollständig verbrannt. Ein kleiner Teil des Brennstoffes, der bei Erdgas und Biogas überwiegend aus Methan besteht, entweicht unverbrannt in die Atmosphäre und erhöht damit die Treibhauswirkung der KWK-Anlagen.

Der in der 44. BImSchV vorgesehene Grenzwert von 1,3 g/m^3 Abgas ist aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes kritisch zu sehen. Es erscheint daher dringend erforderlich, die Problematik des Methanschlupfs im Rahmen eines wissenschaftlichen Prozesses zu eruieren und kurzfristig Lösungsvorschläge für eine signifikante Absenkung der Methanemissionen bei motorischen KWK-Anlagen durch technisch geeignete Primär- und Sekundärmaßnahmen zu erarbeiten.

Die Förderung von KWK-Anlage sollte zukünftig daran gekoppelt werden, dass auch unter Einbeziehung der Klimawirkung des Methanschlupfs eine signifikante Einsparung von Treibhausemissionen erzielt wird. Dies könnte dadurch sichergestellt werden, dass als Fördervoraussetzung im KWKG ein Grenzwert für den Methanschlupf festlegt wird.

7.3.5 Begrenzung der jährlichen geförderten Vollbenutzungsstunden

KWK-Anlagen, die pro Jahr eine hohe Vollbenutzungsstundenanzahl aufweisen, erhalten die Fördersumme schneller als KWK-Anlagen, die ggf. systemdienlich mit geringer Laufzeit betrieben werden. Um eine Benachteiligung potentiell systemdienlicher KWK-Anlagen gegenüber Grundlast-KWK-Anlagen zu verhindern, sollte eine **Begrenzung der geförderten jährlichen Vollbenutzungsstunden** für Anlagen außerhalb der Ausschreibungen eingeführt werden. Um einen systemdienlicheren Betrieb weiter anzureizen, sollte die Anzahl der geförderten jährlichen Vollbenutzungsstunden im Laufe der Jahre für alle KWK-Anlagen im Förderregime eines neuen KWK-Gesetzes stufenweise reduziert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Förderbegrenzung die Anreizwirkung nicht maßgeblich begrenzt. Eine sukzessive Absenkung setzt für Planer und Betreiber ein klares Zeichen der politischen Ausrichtung der zukünftigen Förderung.

Vorgeschlagen wird ab dem Jahr 2020 für alle ab dann neu in die Förderung kommenden Anlagen eine Begrenzung auf 5.000 Vollbenutzungsstunden, die dann in wenigen Stufen auf einen Wert von 3.500 Vollbenutzungsstunden z. B. im Jahre 2025 abgesenkt wird, vorzusehen. Ähnlich wie bei der stufenweise Einführung der EEG-Umlage auf Eigenstromverwendung (EEG 2014) sollte die Absenkung alle neu in die Förderung kommenden KWK-Anlagen betreffen.

Die Begrenzung bezieht sich wie bei der innovativen KWK-Ausschreibung lediglich auf die maximal pro Jahr auszahlbare Förderung und stellt keine technische Voraussetzung in Bezug auf die tatsächlichen maximalen Vollbenutzungsstunden pro Jahr dar.

7.3.3 Biomasse-KWK

Die Umrüstung von Biogasanlagen auf eine bedarfsgerechte Stromerzeugung wird im EEG mithilfe der Flexibilitätsprämie gefördert. Diese Förderung sollte fortgeführt werden, um möglichst viele Biogas-Anlagen zu flexibilisieren.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen sollten so modifiziert werden, dass es auch wirklich zu einer Flexibilisierung kommt, also einer Reduzierung der jährlichen Vollbenutzungsstunden der Stromerzeugungsanlagen mit Aufbau von Speichern für Wärme und Biogas. Es muss sichergestellt werden, dass das neue zusätzliche BHKW nicht als Ersatz für das alte BHKW weiterhin rund um die Uhr in Betrieb ist.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt, könnte mittelfristig eine Überführung der Förderung der Biomasse-KWK aus dem EEG in das KWKG sinnvoll sein. Dadurch könnte eine effiziente Brennstoffnutzung zielgenauer gefördert werden als im EEG. Es wäre dazu aber wahrscheinlich ein separates Ausschreibungssegment nötig, womit sich ein recht großer Anpassungsaufwand für eine nur kleine Ausschreibungsmenge ergäbe. Daher sollte diese Änderung zuerst genau geprüft werden. Unabhängig davon, ob die Förderung der Biomasse über das KWKG erfolgt, sollte die Redispatch-Reihenfolge für Biomasse angepasst werden. Biomasse-KWK-Anlagen sollten zwar nach fossilen Stromerzeugungsanlagen aber vor brennstofffreien EE-Anlagen abgeschaltet werden, um knappe Brennstoffe zu sparen. Dafür kann die zuvor erwähnte Flexibilisierung der Biomasse-Stromerzeugungsanlagen im Rahmen des derzeitigen EEG die optimalen Voraussetzungen schaffen.

Überblick Empfehlungen

→ Fortführung der Flexibilitäts-Prämie im EEG unter Sicherstellung einer Einhaltung des Flexibilitäts-Gedankens

→ Prüfen, ob Ausschreibungen von Biomasseanlagen perspektivisch mit Ausschreibungen von KWK-Anlagen zusammenführbar sind

→ Redispatch-Reihenfolge für Biomasse ändern, sodass Netzbetreiber Biomasse-Anlagen vor Wind- und PV-Anlagen zum Redispatch heranziehen

7.3.6 Wärmenetzförderung

Der Ausbau, Erhalt und Umbau der Wärmenetze für eine Einspeisung aus kohlenstoffarmen Quellen ist einer der wichtigen zukünftigen Pfeiler einer nachhaltigen Wärmeversorgung. Um dies zu erreichen, sind neben größeren Anpassungen wie einem deutlichen CO_2-Preissignal im Wärmemarkt kleinere Änderungen im KWKG nötig. Eine Wärmenetzförderung wird heute nach § 18 KWKG gewährt, wenn mindestens 75 % der Wärme aus KWK-Anlagen stammt oder zu mindestens 50 % aus einer Kombination von KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien und Abwärme, wobei der Mindest-KWK-Anteil 25 % betragen muss. Das kann dazu führen, dass ein sehr kleiner Anteil erneuerbarer Wärme oder Abwärme im Wärmenetz (z. B. in Höhe von 1 %) ausreicht, um den KWK-Mindestanteil für die Wärmenetzförderung auf knapp 50 % zu reduzieren. Damit ist heute eine Förderung von Wärmenetzen möglich, die zur Hälfte aus ungekoppelter fossiler Erzeugung gespeist werden.

Daher sollten die Mindestanteile für eine **Wärmenetzförderung** überarbeitet werden. Dazu sind zwei Varianten möglich:

- Variante 1: Der Mindestanteil der Erzeugung aus KWK, erneuerbaren Energien und Abwärme könnte angehoben werden, z. B. auf 75 %. Der Mindestanteil aus KWK-Erzeugung könnte dabei gesenkt werden, z. B. auf 10 %. Der Vorteil dieser Regelung wäre, dass es eine einheitliche Regelung gibt, die die ungekoppelte fossile Erzeugung auf maximal 25 % begrenzt. Problematisch könnte sich diese Regelung auf die Förderfähigkeit von kleineren Wärmenetzen auswirken. Insbesondere bei Bestandsgebäuden mit hoher Heizlast könnte sich die hohe Forderung von 75% aus EE, Abwärme und KWK in der Realität nur schwierig wirtschaftlich realisieren lassen.

- Variante 2: Daher wäre als Alternative eine Beibehaltung der im KWKG 2016 verankerten Regelung mit einem festgelegten Mindestanteil aus EE-Wärme und Abwärme z. B. in Höhe von 10 % denkbar. Dadurch wird sichergestellt, dass bei einer

50%-igen Wärmeabdeckung ein EE-Anteil enthalten ist, der eine gewisse Relevanz aufweist.

Bei beiden Varianten sollte der Mindestanteil aus KWK-Erzeugung gesenkt werden, z. B. auf 10 %. Derzeit beträgt die Anforderung 25%. Dies kann insbesondere bei Abwärme-Projekten dazu führen, dass die zu errichtende KWK-Leistungen eine umfangreichere Abwärmenutzung beschränkt.

Bei der Förderung von **Wärmespeichern** sollte die Aufnahme weiterer Speichertypen geprüft werden, da sie für die Flexibilisierung gebraucht werden. Dazu zählen zum einen neue Wärmespeichertypen wie z. B. Hochtemperaturspeicher, die für Anwendungen in der Industrie interessant sein können. Zum anderen sind Saisonalspeicher wie Erdbecken- oder Aquiferspeicher zum Teil aufgrund der maximal zulässigen Wärmeverluste bisher von einer Förderung ausgeschlossen. Diese können aber bei Kombinationen von KWK-Anlagen mit erneuerbaren Energien besonders zur saisonalen Speicherung von Wärme aus Solarthermie beitragen. Für diese neuen Speichertypen sollten sinnvolle Anpassungen auch der technischen Vorgaben überprüft werden, wobei Überschneidungen mit dem MAP auszuschließen sind. Eine Abwägung zwischen den erlaubten Wärmeverlusten und den damit korrelierenden Speicherkosten erscheint dabei zwingend erforderlich, da zu teure Speicherlösungen nicht realisiert werden.

Ein weiterer sinnvoller Baustein, um eine Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung zu organisieren, können **lokale bzw. kommunale Wärmepläne** sein. In Dänemark ist die Aufstellung solcher Pläne bereits seit 1979 verpflichtend und sie waren ein wesentlicher Faktor für die sehr hohen Wärmenetzausbauraten, die Dänemark seitdem erzielen konnte.

In der aktuellen europäischen Energy Efficiency Regulation sind Wärmepläne bereits gefordert. Diese Vorgaben wurden in Deutschland bisher noch nicht in nationales Recht umgesetzt. Zudem gibt es noch keine einheitliche Definition, wie ein solcher Wärmeplan aufgebaut ist, was darin enthalten sein sollte und welchen Qualitätskriterien er genügen muss. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, zuerst einheitliche Standards für Wärmepläne (gesetzesübergreifend) zu entwickeln und festzulegen. Anschließend sollte geprüft werden, ob die Vorlage von Wärmeplänen ein Kriterium für die Förderfähigkeit von KWK-Anlagen und Wärmenetzen werden kann. In der Ausschreibung für innovative KWK-Systeme ergibt sich hier ein Anknüpfungspunkt durch die erforderlichen Wärmetransformationspläne.

Ein Hauptnutzen solcher Wärmeentwicklungspläne besteht darin, dass auf Basis der individuellen Ausgangslage eine kleinräumige, aber insgesamt integralere Planung erfolgt, wie der Versorgungsmix der Zukunft aussehen kann und welche Transformationspfade zur gewünschten (weitgehenden) Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung geeignet sind. Dies schafft eine wichtige Planungsgrundlage für alle Akteure und Investoren. Insbesondere beim Ersatz

von Kohle- durch Gas-KWK-Anlagen könnten Wärmepläne sicherstellen, dass weitere Wärmequellen zum Ersatz der Wärme aus Kohle-KWK genutzt und die Gas-KWK-Anlagen nicht zu groß ausgelegt werden. Sie können auch dazu dienen, eine sinnvolle Abgrenzung von Objekt-KWK und der wärmeleitungsgebundenen KWK aufzuzeigen. Sie sollten sicherstellen, dass die Wärmenetze so konzipiert werden, dass Erneuerbare Energien sukzessive eingebunden werden können.

Wichtig für die Transformation der Wärmenetze ist eine hohe Transparenz. Daher sollte zeitnah eine Melde- und Veröffentlichungspflicht für Fernwärmesysteme eingeführt werden, in denen jährlich die erzeugte KWK- und EE-Wärme, der Primärenergiefaktor sowie Wärmenetzverluste aufgeführt werden.

7.3.7 Zuschlagssätze für Energiedienstleister

Das KWKG 2016 sieht für Energiedienstleister, die außerhalb des Netzes der allgemeinen Versorgung einen Dritten mit KWK-Strom versorgen und die Abführung der 100%-igen EEG-Umlage nachweisen können, eine KWK-Förderung auch im Leistungsbereich über 100 kW vor. Diese Förderung sollte ein Teil der Mehrbelastungen aufgrund einer vollständig zu entrichtenden EEG-Umlage gegenüber einer EEG-Umlage in Höhe von 40% bei einer Eigenversorgung ausgleichen. Im Leistungsbereich bis 100 kW erfolgte ein solcher Ausgleich nicht. Es erscheint sinnvoll, die KWK-Zuschläge im Leistungsbereich bis 100 kW für Energiedienstleister anzuheben erhöhen. Dadurch würden Contracting-Projekte gegenüber einer Eigenversorgungsvariante nicht mehr benachteiligt und Mieterstrom-Projekte weiter angereizt.

Überblick Empfehlungen

- → Mindestanteile EE, Abwärme und KWK zur Wärmenetzförderung anheben
- → Prüfen, ob KWK weitere Typen von Wärmespeichern fördern sollte (z.B. Hochtemperaturspeicher, Erdbeckenspeicher usw.)
- → Einheitliche Standards für kommunale Wärmepläne (gesetzlich) definieren; anschließend prüfen, ob kommunale Wärmepläne eine Fördervoraussetzung im KWKG sein sollten
- → Zeitnah Melde- und Veröffentlichungspflichten für Fernwärmesysteme einführen, um Anteile EE/KWK, Primärenergiefaktoren und Wärmenetzverluste transparent zu machen

7.3.8 Verdrängungsschutz KWK

Derzeit besteht innerhalb des KWK-Gesetzes ein Fernwärmeverdrängungsverbot (§6 und §18). Neue KWK-Anlagen sollen demnach keine Wärmeerzeugung aus bestehenden KWK-Anlagen im Fernwärmenetz verdrängen. Bei Verstoß gegen das Fernwärmeverdrängungsverbot erhalten Anlagen keine KWK-Zuschlagszahlungen.

Diese Regelung kann eine Transformation des Fernwärmesystems hin zu kohlenstoffärmeren Brennstoffen nachhaltig behindern, wenn sich der Betreiber einer kohlebefeuerten KWK-Anlage auf das bisher zeitlich unbefristete Verdrängungsverbot beruft.

Es wird daher vorgeschlagen, den Entfall der KWK-Zuschlagszahlungen bei Verdrängung von KWK-Strom aus kohlebefeuerten KWK-Anlagen bei Errichtung neuer KWK-Anlagen auszusetzen, sofern die Inbetriebnahme der kohlebefeuerten KWK-Anlage einen angemessenen Zeitraum zurückliegt. Dadurch könnten z. B. erdgasbetriebene KWK-Anlagen mit geringeren CO_2-Emissionen eine Förderung erhalten, obwohl sie die Wärme aus Kohle-KWK-Anlagen verdrängen. Unabhängig davon wird aber der Kohleersatz-Bonus auch weiterhin nur für KWK-Anlagenbetreiber gewährt, die stillgelegte Kohle-KWK-Anlagen gemäß den Vorgaben des KWKG ersetzen. Der Konkurrenzdruck durch erdgasbetriebene sowie ggf. EE-betriebene KWK-Anlagen dürfte neben dem Anreiz einer zusätzlichen finanziellen Förderung (Kohleersatz-Bonus) zu einer beschleunigten Veränderung des Brennstoffeinsatzes führen.

Es erscheint ggf. sinnvoll, eine Übergangsregelung mit überschaubarer Dauer fest zu schreiben, um den Kohle-KWK-Anlagenbetreibern die Planung einer Ersetzung in Eigenregie zu ermöglichen.

Überblick Empfehlungen

→ Fernwärmeverdrängungsverbot für kohlebasierte KWK-Anlagen aufheben

7.3.9 Negative Strompreis-Regelung

Das KWKG beinhaltet in § 7 Abs. 7 in Verbindung mit § 15 Abs. 4 eine Regelung hinsichtlich der Aussetzung der KWK-Zuschlagszahlungen für Zeiträume, in denen der Wert der Stundenkontrakte in der vortägigen Auktion null oder negativ ist.

Derzeit wird eine Nichtmeldung der Fahrweise bei negativen Strompreisen pönalisiert, während es bei einer Stromerzeugung in Stunden mit negativen Strompreisen lediglich zu einer zeitlich verschobenen Auszahlung der KWK-Zuschläge kommt. Der Lenkungseffekt fällt aufgrund der Tatsache, dass die entsprechenden

Stromerzeugungsmengen nicht auf die Förderdauer angerechnet werden, sehr gering aus.

Zukünftig sollten die KWK-Strommengen, die während negativer Stundenkontrakte oder Nullwerten produziert wurden, keine KWK-Förderung erhalten. Sofern eine Meldung der Strommengen erfolgt, wird der daraus resultierende Förderzeitraum von den Vollbenutzungsstunden abgezogen. Erfolgt keine Meldung, wird die verbleibende Förderdauer um die Stundenanzahl aller negativen Stundenkontrakte und der „0“-Werte reduziert.

Zusätzliche Überlegungen zielen auf eine weitere Ausdifferenzierung der Förderhöhen in Abhängigkeit vom Börsenpreis, um eine systemdienlichere Fahrweise der KWK-Anlagen anzureizen. Dies kann z.B. so umgesetzt werden, dass erst ab einem bestimmten Börsenpreis ein geringer Zuschlag ausgezahlt wird, der dann mit steigendem Börsenpreis ansteigt (und dessen Preiswirkung verstärkt). Auch könnte die Förderung auf die z.B. 3.000 Stunden des Jahres beschränkt werden, in denen der Börsenpreis am höchsten ist. Eine weitere Möglichkeit wäre die an die britische *Generation DUoS Charges* (siehe Kapitel 6.7.2) angelehnte Methode, dass zu bestimmten festgelegten Stunden im Jahr unterschiedliche Zuschläge gelten (z.B. höchster Satz an einem Werktag im Winter zwischen 17 und 19h, keine Zahlung an Sommertagen um die Mittagszeit usw.). Allerdings stellt sich die Frage, ob solche Lösungen die Flexibilität des Gesamtsystems insgesamt erhöhen oder dieses nur verkomplizieren. Die Beantwortung dieser Frage würde eine vertiefende Betrachtung erfordern.

Andererseits ist für kleinere KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 100 kW zu prüfen, inwieweit der hohe Aufwand für die Installation der notwendigen Messtechnik sowie die Administration seitens Netz- und Anlagenbetreiber den Nutzen rechtfertigt.

Dieser Leistungsbereich sollte bis zu einer ausreichenden Digitalisierung der Energiewende von der Regelung ausgenommen werden. Durch die im Kapitel 7.3.5 vorgeschlagene Beschränkung der geförderten Vollbenutzungsstunden werden in diesem Leistungsbereich kurzfristig bereits Anreize für eine systemdienliche Ausgestaltung geschaffen.

Sobald z. B. intelligente Messsysteme mit den für eine systemdienliche Steuerung notwendigen Funktionalitäten verfügbar sind, kann die negative Strompreis-Regelung oder eine andere Ausdifferenzierungsmöglichkeit systemdienlichen Verhaltens auch im kleineren Leistungsbereich eingeführt werden.

Überblick Empfehlungen

→ Aktuelle Regelung zur KWK-Stromproduktion so modifizieren, dass KWK-Anlagen bei negativen Preisen möglichst keinen Strom produzieren

→ Weiterentwicklung der aktuellen Regelung zu negativen Preisen prüfen, um mittelfristig stärkere Flexibilitätsanreize zu setzen

7.3.10 Weiterer kurzfristiger Anpassungsbedarf

Hocheffizienz

Ein Kriterium für die Förderfähigkeit einer KWK-Anlage besteht darin, dass die KWK-Anlage das Hocheffizienzkriterien der europäischen Effizienzrichtlinie erfüllt. Da diese Kriterien nicht sehr ambitioniert sind, wird vorgeschlagen, die Anforderungen an die Höhe der Primärenergieeinsparungen von KWK-Anlagen gegenüber einer ungekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung anzupassen.

Bereits die Förderrichtlinien zum Mini-KWK-Impulsprogramm enthält eine Verschärfung der geforderten Primärenergie-Einsparungen.

Es wird vorgeschlagen, dass KWK-Anlagen im Leistungsbereich bis 1 MW elektrischer Leistung zukünftig eine Primärenergieeinsparung von 10% (bisher knapp über 0%) nachweisen müssen. KWK-Anlagen über 1 MW müssen gegenüber dem ungekoppelten Referenzsystem eine Primärenergieeinsparung in Höhe von 20% (bisher 10%) erbringen.

KWK-Anlagen, bei denen die Nutzwärme zumindest anteilig auf einem Temperaturniveau über 110°C bereitgestellt wird und deren elektrische Leistung oberhalb 1 MW angesiedelt ist, müssen eine Primärenergieeinsparung von mindestens 15% nachweisen.

Mit der Vorgabe einer höheren Primärenergie-Einsparung wird sichergestellt, dass die geförderten KWK-Anlagen auch mittelfristig einen signifikanten Beitrag zur Primärenergie und CO_2-Einsparung leisten. Die Änderung der Förderanforderungen im KWKG bedeutet keine Einführung einer von der EU-Definition abweichenden nationalen Definition der Hocheffizienz.

Redispatch-Regelung

Wird das Ausschreibungssegment nicht auf weitere KWK-Förderbereiche ausgedehnt (s. a. oben), wird empfohlen, einige neu eingeführte Detailregelungen der Segmentausschreibung, die ein systemdienlicheres Verhalten der KWK-Anlagen anreizen bzw. Fehlanreize verringern, auf die übrigen Förderbereiche auszudehnen. Dazu zählt insbesondere die **Redispatch-Regelung**, die eine KWK-Abregelung vor der Abregelung erneuerbarer Erzeugung vorsieht. Es wird empfohlen die die endgültigen Regelungen im

NABEG zum Redispatch von KWK-Anlagen abzuwarten. Sofern damit eine sinnvolle erweiterte Einbeziehung von KWK-Anlagen zum Redispatch ermöglicht wird, werden keine Anpassungen im KWKG zu diesem Thema benötigt.

Erlöse aus vermiedenen Netzentgelten

Außerdem sollten die **Erlöse aus vermiedenen Netzentgelten abgeschafft** oder vollständig neu ausgerichtet werden. Hierbei müsste eine Erhöhung der Zuschlagssätze die entgangenen Erlöse ersetzen. Dies würde zwar zu einer höheren KWK-Förderung führen, wäre aber transparenter und würde einen systemdienlicheren Dispatch anreizen.

Die aktuelle Regelung trägt zu einem ineffizienten Einsatz der Anlagen bei. Die Auszahlung der Leistungspreiskomponente erfolgt auf Basis der Einspeisung der KWK-Anlagen im Moment der Höchstlast der vorgelagerten Netzebene. Da diese erst am Jahresende feststeht und der Moment vorher nur abgeschätzt werden kann, besteht der Anreiz das KWK-Anlagen in den relevanten Zeiten (im Winter) möglichst mit voller Leistung Strom erzeugen und einspeisen um die Erlöse aus vermiedenen Netzentgelten zu maximieren.

Bestandsanlagenförderung

Mit dem KWKG 2016 trat die Förderung von Bestandsanlagen in Kraft. Die Förderung wurde vor dem Hintergrund des für Gas-KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung ungünstigen Marktumfeldes eingeführt um eine Stilllegung dieser Anlagen zu verhindern. Aus heutiger Sicht ist aufgrund der aktuellen wirtschaftlichen Situation und des positiven wirtschaftlichen Ausblicks eine Fortführung der Bestandsanlagenförderung über das Jahr 2019 hinaus nicht notwendig.

Bilanzierung der KWK-Stromerzeugung

Aktuell wird die KWK-Erzeugung über zwei unterschiedliche Methoden definiert. Die AG Energiebilanzen (AGEB) zählen die Stromproduktion, deren Abwärme zur Fermenterbeheizung von Biogasanlagen genutzt wird, als KWK-Erzeugung. Andere Berechnungen beruhen dagegen auf der KWK-Erzeugung ohne **Fermenteranteil.** Es wird empfohlen, im Kontext des KWKG einheitlich die Definition der AGEB zu verwenden. Dabei sollte aber der Fermenteranteil transparent ausgewiesen und ergänzt werden durch weitere Prozesswärme-Anteile. Außerdem sollte diese neue erweiterte KWK-Abgrenzung bei der Festlegung des KWK-Ziels berücksichtigt werden.

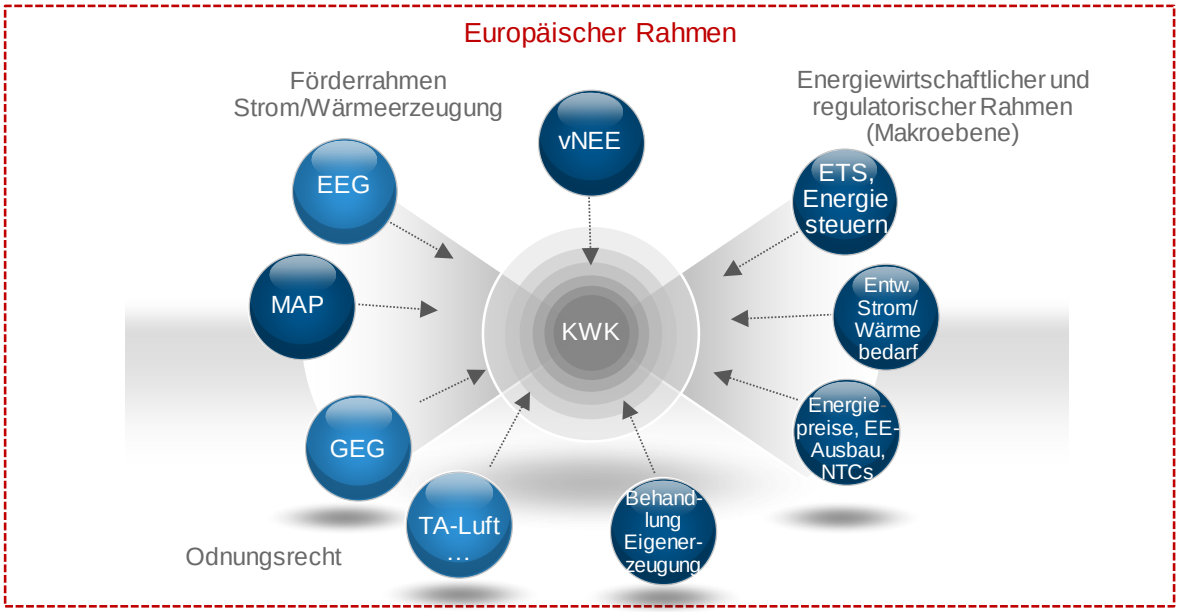
Überblick Empfehlungen

- → Hocheffizienzkriterium für KWK-Anlagen kleiner als 1 MW auf 15 %, für Anlagen ab 1 MW auf 20 % anheben. Ausnahmeregelung für KWK mit Prozesswärme-Auskopplung und mehr als 1 MW Leistung (15% Primärenergieeinsparung).
- → Auch außerhalb Ausschreibungen: KWK-Anlagen vor erneuerbaren Energien zum Redispatch heranziehen (sofern keine generelle Regelung im NABEG dazu erfolgt) und jährliche förderfähige Stunden begrenzen
- → Vermiedene Netzentgelte abschaffen oder vollkommen neu ausgestalten
- → KWK-Strom einheitlich nach AGEB definieren und Fermenteranteil sowie weitere Prozesswärme transparent ausweisen

7.4 Kurzfristiger sonstiger regulatorischer Anpassungsbedarf

Abbildung 2 stellt das Umfeld dar, in dem sich die KWK bzw. das KWKG bewegen. Um einen sinnvollen Ausbau einer CO_2-freien Energieversorgung zu erreichen, müssen auch in den Bereichen außerhalb des KWKG Anpassungen erfolgen.

Abbildung 2: Regulatorisches Umfeld der KWK



Quelle: Prognos 2017

Einen großen Einfluss hat auf europäischer Ebene das Emissionshandelssystem, der EU-**ETS**. Höhere Preise für CO_2 „belohnen" eine effiziente Erzeugung und verbessern somit die Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen. Um die Preise für CO_2-Zertifikate zu erhöhen, sollte für eine stärkere Knappheit gesorgt werden. Ein erster, vermutlich aber noch nicht ausreichender Schritt ist dabei die beschlossene Reform des ETS für die vierte Handelsperiode von 2021 bis 2030. Zusätzlich sollte eine Prüfung erwogen werden, die Grenze von 20 MW Feuerungswärmeleistung, ab der Anlagen unter den Emissionshandel fallen, abzusenken. Aktuell ist zu beobachten, dass die Nutzung von Braunkohlenstaub in Kesseln mit weniger als 20 MW Feuerungswärmeleistung kontinuierlich steigt, was sehr wahrscheinlich daran liegt, dass diese Anlagen nicht unter den Emissionshandel fallen.

Neben der höheren Bepreisung des CO_2-Ausstoßes in der Industrie und der Stromerzeugung, sollte sich der **CO_2-Preis** ebenfalls bei den Preisen für **fossile Brennstoffen** widerspiegeln, die im Wärmemarkt einen großen Einfluss auf die Wahl einer Heizungsanlage haben. Eine Möglichkeit dazu wäre, die Steuern auf fossile Brennstoffe analog zur Höhe ihres potenziellen CO_2 Ausstoßes anzuheben. Je nach Höhe des festgelegten CO_2-Beitrags dürfte hierdurch ein stärkerer Anreiz zum Austausch alter und ineffizienter Heizkessel gegen CO_2-arme Wärmeerzeuger geschaffen werden.

Im regulatorischen Rahmen im Bereich der Gebäude gibt es ebenfalls einige Stellschrauben, die einen Umbau der Wärmeversorgung erleichtern können. Dazu zählt z.B. die **Beendigung der Förderung fossil befeuerter Heizkessel** und die Ausdehnung des **EE-WärmeG auf Bestandsgebäude.**

Der Austausch alter Heizungen sollte weiterhin über das Ordnungsrecht im Gebäudebereich flankiert und verschärft werden. Die ordnungsrechtlichen Vorgaben für den Anteil erneuerbarer Energieträger
oder die primärenergetischen Anlagenaufwandzahlen sollten für Bestandsgebäude als auch für Neubauten überprüft werden.

Im Zuge der Novellierung des Ordnungsrechts im Gebäude und der Zusammenlegung von EnEV und EEWärmeG zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) werden aktuell alle **Primärenergiefaktoren** sowie die Bilanzierung von KWK und Fernwärme seitens BMWi überprüft.

Überblick Empfehlungen

- → Europäischen Emissionshandel reformieren, um CO_2-Preis zu stärken
- → KWK-Anlagen und Kessel unter 20 MW in Emissionshandel einbeziehen
- → CO_2-Preis im Wärmemarkt etablieren, z.B. über Steuer auf fossile Brennstoffe
- → Förderung fossiler Heizkessel abschaffen und EE-WärmeG auf Bestandsgebäude ausweiten

7.5 Mittel- und langfristige Weiterentwicklung

Wie in dieser Studie dargelegt, ist das KWKG in der heutigen, grundlegenden Ausführungsform zum jetzigen Zeitpunkt und absehbar bis 2025 aus vielen Gründen als Förderinstrument geeignet Dies gilt insbesondere, wenn neue Gas-KWK-Anlagen alte Kohle-KWK-Anlagen ersetzen oder in innovativen Systemen gemeinsam mit erneuerbarer Wärme gefördert werden. Wie und ob eine sinnvolle Weiterentwicklung mittelfristig gestaltet werden kann, ist erheblich von der Entwicklung des Energiesystems sowie anderen Rahmenbedingungen abhängig.

Da die zukünftige Ausgestaltung vor dem dann herrschenden energiewirtschaftlichen und -politischen Umfeld zu bewerten ist, können zur Weiterentwicklung des KWKG nach 2025 noch keine detaillierten Empfehlungen gegeben werden. Es erscheint jedoch derzeit fraglich, ob das KWKG in seiner jetzigen Form weitergeführt werden sollte. Denn eine Förderung von brennstoffbetriebenen KWK-Anlagen ist langfristig nicht mehr bzw. nur noch in sehr eingeschränkten Fällen sinnvoll (siehe Kapitel 4). Mittelfristig steht also die Wahl an, dass KWKG auslaufen zu lassen oder so weiterzuentwickeln, dass es die Energiewende weiterhin unterstützt.

Die Weiterentwicklung des KWKG zu einer Förderung mit Fokus auf die stärkere Realisierung regenerativer Energiequellen u. a. in KWK und eines weiteren Fernwärmeausbaus scheint mittel- und langfristig sinnvoll.

Eine Variante zur Weiterentwicklung wäre die Förderung von nur noch erneuerbarer Wärmeerzeugung mit einem Fokus auf der Förderung erneuerbarer Fernwärme.

Solch ein Förderinstrument müsste jedoch über eine andere Umlage als über den Stromverbrauch gewälzt werden.

Überblick Empfehlungen

- → Vor 2025 prüfen, ob das KWKG weiterentwickelt werden soll, z.B. zu einem Gesetz zur Förderung von erneuerbarer Fernwärme
- → Falls ja, Konzept entwickeln, um Kosten der KWK-Förderung (KWK-Umlage) auch auf den Wärmesektor umzulegen

8 Literatur

[AGEB, 2016] *Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2015*, Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Stand: 10/2016.

[AGEB, 2017] *Bilanz 2015*. Abgerufen am 01.11.2017 von http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz15d.xlsx

[AGFW, 2018] *AGFW Hauptbericht 2017*, Frankfurt am Main: AGFW, Stand 09/2018.

[AGFW, 2017] *Solarthermie in der Fernwärme – AGFW-Mitglieder sind vorne mit dabei*, In: AGFW Aktuell, Ausgabe 15/17 (1. Juni 2017), Frankfurt am Main: AGFW.

[BAFA, 2017a] *BAFA-Daten zum KWKG*, Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Stand Januar 2019

[BAFA, 2017b] *Zulassung von KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG).* Abgerufen am 01.11.2017 von http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_statistik_zulassungen_2009_16.xlsx?__blob=publicationFile&v=6

[BAFA, 2018] *BAFA-Daten zum KWKG*, Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Stand 06.12.2018.

[BAFA, 2019] *BAFA-Daten zum KWKG (Wärmespeicher)*, Eschborn: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Stand 18.01.2019.

[BDEW, 2018] Stellungnahme *zum Entwurf des Berichts „Evaluierung der Kraft-Wärme-Kopplung“ (15.08.2018), Berlin, 5. Nov. 2018*

[BHKW-Consult 2017] *BHKW-Kenndaten – online Datenbank.* http://www.bhkw2017.de/bhkw-kenndaten/. Letzte Aktualisierung am 19.06.2017. Letzter Aufruf am 01.08.2017. Rastatt 2017

[BHKW-Info., 2017] Förderbericht Mini-KWK-Impulsprogramm 2016 – Mehr Mini-KWK-Anlagen gefördert. Abgerufen am 01.11.2017 von http://www.mini-kwk-impulsprogramm.de/aktuelles/foerderbericht-2016

[Bioenergi, 2016] 209 biokraftvärmeverk i Sverige, Abrufbar unter: https://bioenergitidningen.se/biokraft/209-biokraftvarmeverk-i-sverige, (Abruf am 08.01.2018)

[BMWi, 2017] *Hintergrundinformationen zur Besonderen Ausgleichsregelung: Antragsverfahren 2016 für Begrenzung der EEG-Umlage 2017.* Abgerufen am 01.11.2017 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/hintergrundinformationen-zur-besonderen-ausgleichsregelung-antragsverfahren-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=14

[BMWi 2015a] Zweiter Erfahrungsbericht zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - Die Entwicklung des Wärme- und Kältemarktes in Deutschland. BMWi.

[BMWFW, 2017] *Energieversorgung – Fernwärme*. Abteilung Erneuerbare Energien, Elektrische Energie und Fernwärme inklusive Kraft-Wärme-Kopplung beim Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft. Verfügbar unter www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/Fernwaerme.aspx, (Abruf am 9.11.2017)

[Com EP, 2017] Press release - £6 million funding for local authority heat networks. Abgerufen am 09.11.2017 von https://www.gov.uk/government/news/6-million-funding-for-local-authority-heat-networks

[CHP-Incent., 2017] *Guidance: Combined Heat and Power Incentives*, verfügbar unter: www.gov.uk/guidance/combined-heat-and-power-incentives (Abruf am 06.11.2017)

[CODE2, 2014] *Final Cogeneration Roadmap – Member State: The Netherlands*. Verfügbar unter: www.code2-project.eu/wp-content/uploads/CODE2-CHP-Roadmap-Netherlands1.pdf, (Abruf vom 10.11.2017)

[Code de l'énergie] Code de l'énergie. Verfügbar unter: https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=130C14DEED10588C332CFCE421E168B9.tplgfr36s_3?idArticle=LEGIARTI000023986357&cidTexte=LEGITEXT000023983208&dateTexte=20120406. (Abruf vom 12.1.2018)

[COGEN Europe, 2013] *European Cogeneration Review – The Netherlands. Preview.* Verfügbar unter: www.cogeneurope.eu/medialibrary/2013/03/11/f436f0a5/Netherlands_ECR_preview.pdf (Abruf vom 10.11.2017)

[COGEN EUROPE, 2006] *Benchmarking Report: Status of CHP in EU Member States*. Report commissioned by the CHP Policy Group (Conducted by COGEN Europe). Verfügbar unter www.noexperiencenecessary-book.com/r2WV/benchmarking-report-status-of-chp-in-eu-member-states.html, (Abruf vom 10.11.2017)

[CRE 2016] *Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de cogénération d'électricité et de chaleur alimentées par de la bio-masse, en remplacement d'installations de cogénération d'électricité et de chaleur alimentées par du gaz naturel*. Abrufbar unter: www.cre.fr/documents/appels-d-offres/appel-d-offres-porte-sur-la-realisation-et-l-exploitation-de-nouvelles-installations-de-cogeneration-d-electricite-et-de-chaleur-a-partir-de-biomasse-situees-en-france-metropolitaine-continentale, (Abruf vom: 14.11.2017)

[Destatis, 2017] *Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe.* Abgerufen am 01.11.2017 von https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Energie/Struktur/Stromerzeugungsanlagen2040640167004.pdf?__blob=publicationFile

[Electricity Act, 2018] Electricity Act 1989 (Fassung 2018). Standard conditions of electricity supply licence. Unter: https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiQ5-2Cg83YAhUCbRQKHbwHCqYQFgguMAA&url=https%3A%2F%2Fepr.ofgem.gov.uk%2FContent%2FDocuments%2FElectricity%2520Supply%2520Standard%2520Licence%2520Conditions%2520Consolidated%2520-%2520Current%2520Version.pdf&usg=AOvVaw1AhKyUaeIm6wA0hZLXe4yw, Abruf am 10.01.2018)

[Ecofys, 2017] *Gestaltungselemente einer KWK-Ausschreibung - Konzeptentwurf*, S. Tiedemann et. al, Ecofys (Review durch Prognos AG), Berlin, 28.02.2017

[Ecologic, 2015] *KWK-Länderstudien - Vergleich der KWK-Förderung in ausgewählten Ländern der EU (Dänemark, Finnland, Lettland, Niederlande und Polen) sowie Betrachtung der KWK-Bestandsförderung in Belgien und Österreich*, Berlin 2015

[Energiindikatorer, 2017] *Energiindikatorer 2017 - Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål ER 2017:9*, Statens energimyndighet, 2017

[Energimyndigheten, 2017a] www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/ (Abruf am 29.09.2017)

[Energimyndigheten, 2017] www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/om-elcertifikatsystemet/ (Abruf am 29.09.2017)

[EU, 2014] *Code 2 Cogeneration Observatory and Dissemination Europe - D5.1 Final Cogeneration Roadmap Member State: Romania*, Oktober 2014, verfügbar unter: www.code2-project.eu/wp.../Code2-D5-1_Romania_FINAL.pdf (Abruf vom 12.10.2017)

[EUROMOT, 2012] EUROMOT Position 27.04.2012 (The European Association of Internal Combustion Engine Manufactures) “Methane Slip from Internal Combustion Gas Engines”

[Eurostat, 2017] *Eurostat CHP data 2005-2015.* Verfügbar unter: http://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/4956229/CHPdata2005-2015.xlsx/bb975b2a-fc17-42a1-9c44-7e064fffa685, (Abruf vom: 14.11.2017)

[Enerstorage, 2016] *Power-to-Heat.-Einsatzmöglichkeiten. Rahmenbedingungen.*, Vortrag von T. Assmann, FGE-Kolloquium, 10.11.2016

[EL&I, 2011] *Report in accordance with articles 6(3) and 10(2) of Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council on the Promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending directive 92/42/EC*. Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation (EL&I), Directorate General for Energy, Telecommunications and Competition, Directorate for Energy and Sustainability, The Netherlands, October 2011. European Commission Directorate General for Energy.

[Franz. Regierung 2016] *Arrêté du 3 novembre 2016 fixant les conditions d'achat et du complément de rémunération pour l'électricité produite par les installations de cogénération d'électricité et de chaleur valorisée à partir de gaz naturel implantées sur le territoire métropolitain continental et présentant une efficacité énergétique particulière.* Abrufbar unter: www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033385467&categorieLien=id, (Abruf vom 14.11.2017)

[GOV CCL, 2017] *Excise Notice CCL1: a general guide to Climate Change Levy*, verfügbar unter: www.gov.uk/government/publications/excise-notice-ccl1-a-general-guide-to-climate-change-levy/excise-notice-ccl1-a-general-guide-to-climate-change-levy (Abruf vom 06.11.2017)

[GOV CPF, 2017] *Excise Notice CCL1/6: a guide to carbon price floor*, verfügbar unter www.gov.uk/government/publications/excise-notice-ccl16-a-guide-to-carbon-price-floor/excise-notice-ccl16-a-guide-to-carbon-price-floor (Abruf vom 06.11.2017)

[GOV CPS, 2017] *Guidance: Climate Change Levy rates*, verfügbar unter: www.gov.uk/government/publications/rates-and-allowances-climate-change-levy/climate-change-levy-rates#cps-rates-of-ccl (Abruf vom 09.11.2017)

[GEEV 2017] *Verordnung zur grenzüberschreitenden Ausschreibung für Strom aus erneuerbaren Energien (Grenzüberschreitende-Erneuerbare-Energien-Verordnung - GEEV)*, am 16.8.2017 in Kraft getreten. Verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/geev_2017/BJNR310210017.html#BJNR310210017BJNG000100000, (Abruf am 19.01.2018)

[Huther, 2016] *P2H-Anlagenüberblick Deutschland*, Vortrag im Rahmen eines Expertenworkshops am BMWi zum Thema Wärmenetze 4.0, Dezember 2016

[IFEU/ZSW/DLR 2010] Zwischenbericht zu Perspektivische Weiterentwicklung des Marktanreizprogramms. IFEU, ZSW, DLR

[ISPE, 2017] Interne Datenbasis am Institute for Studies and Power Engineering (ISPE), Bukarest

[ISI/Consentec/ifeu 2017] Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Fraunhofer ISI, Consentec und ifeu im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

[IWES/IBP 2017] Wärmewende 2030 - Schlüsseltechnologien zur Erreichung der mittel und langfristigen Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Fraunhofer IWES und Fraunhofer IBP im Auftrag von AGORA Energiewende.

[KOM, 2016] *State Aid SA.46894 (2016/N) – Romania Amendments to the green certificates support system for promoting electricity from renewable sources, C(2016) 8865 final*, Brüssel 16.12.2016

[KWK-Gesetz, 2014] *Bundesgesetz, mit dem Bestimmungen auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung neu erlassen werden (KWK-Gesetz)*. Ausgegeben am 11.08.2014, in Kraft getreten am 01.02.2015. Abrufbar unter www.ris.bka.gv.at/Geltende Fassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen& Gesetzesnummer=20005916, (Abruf am 9.11.2017)

[KWKG, 2017] *Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG)*

[Lepandatu/ANRE, 2017] Persönliche Informationen von Bianca Lepadatu, Oktober 2017, vor allem auf Basis diverser Publikationen der Romanian Energy Regulatory Authority (ANRE), u.a. Annual Report 2016, National Report 2016, Orders 39/2017, 43/2017, 44/2017, 51/2017, 52/2017, 80/2017, 81/2017, 86/2017; Monitoring report regarding the implementation of the National Action Plan on Energy Efficiency (2016)

[LTECV, 2015] *Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)*. Verfügbar unter: www.legifrance.gouv.fr/affichLoiPubliee.do?idDocument=JORFDOLE000029310724&type=general&legislature=14, (Abruf vom: 14.11.2017)

[Mangold, 2017] *Solare Wärmenetze in Markt und Politik*, Vortrag von Dirk Mangold, Stuttgart: 2. Forum solare Wärmenetze, 30.05.2017

[Netztransp., 2017a] *Ermittlung des Vortrags aus KWKG-Jahresendabrechnung 2016 für das Folgefolgejahr.* Abgerufen am 01.11.2017 von https://www.netztransparenz.de/portals/1/Content/Kraft-W%C3%A4rme-Kopplungsgesetz/Jahresabrechnungen/KWKG%20Jahresabrechnung%202016.pdf

[Netztransp., 2017b] *EEG-Umlage*. Abgerufen am 01.11.2017 von https://www.netztransparenz.de/EEG/EEG-Umlagen-Uebersicht

[NEEAP 2017] *Update National Energy Efficiency Action Plan*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive/national-energy-efficiency-action-plans, (Abruf vom: 14.11.2017)

[Notisum, 2017] www.notisum.se/rnp/sls/lag/20111200.htm (Abruf vom 29.09.2017)

[Öko-Institut, 2015] *Aktueller Stand der KWK-Erzeugung (Dezember 2015).* Abgerufen am 02.11.2017 von https://www.oeko.de/oekodoc/2450/2015-607-de.pdf

[Öko/ISI 2015] Klimaschutzszenario 2050 - 2. Endbericht. Öko-Institut und Fraunhofer ISI im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

[ÖBV, 2017] *Strom aus Biomasse*. Abrufbar unter www.biomasseverband.at/en/bioenergie/energie-aus-biomasse/strom/, (Abruf am 9.11.2017)

[Ökostrom-Novelle, 2017] *Bundesgesetz, mit dem das Ökostromgesetz 2012, das Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz 2010, das Gaswirtschaftsgesetz 2011, das KWK-Punkte-Gesetz und das Energie-Control-Gesetz geändert werden, sowie das Bundesgesetz, mit dem zusätzliche Mittel aus von der Energie-Control Austria verwalteten Sondervermögen bereit gestellt werden, erlassen wird.* Datum der Kundmachung: 26.07.2017. Abrufbar unter: www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2017_I_108/BGBLA_2017_I_108.pdf (Abruf am 9.11.2017)

[ÖSG, 2012] *Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012)*. Abrufbar unter www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007386, (Abruf am 9.11.2017)

[Official Note, 2015] *Official Note from the French Authorities*, Paris 31.12.2015. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CogenerationheatReportFrance_en.pdf, (Abruf vom: 14.11.2017)

[OFGEM FiT, 2017] *Feed-in Tariff Generation & Export Payment Rate Table for Non-Photovoltaic Installations*, verfügbar unter: www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2015/07/fit_non-pv_tariff_table_1_october_2015_0.pdf (Abruf vom 06.11.2017)

[OFGEM RHI, 2017] *Tariffs and payments: Non-Domestic RHI*, verfügbar unter: www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/non-domestic-rhi/contacts-guidance-and-resources/tariffs-and-payments-non-domestic-rhi (Abruf vom 06.11.2017)

[OFGEM TRIAD, 2017] *Impact Assessment and Decision on industry proposals CMP264 and CMP265) to change electricity transmission charging arrangements for Embedded Generators*, verfügbar unter: www.ofgem.gov.uk/system/files/docs/2017/06/impact_assessment_and_decision_on_industry_cmp264265.pdf (Abruf vom 06.11.2017)

[Prognos, 2017] *Überprüfung der Zuschlagszahlungen für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen 2017,* Prognos 2017 im Auftrag des BMWi

[Prognos et. al. 2016] Wissenschaftlicher Bericht zur Vorbereitung des Erfahrungsberichts zum EEWärmeG. Prognos, Fraunhofer ISI, DLR, Öko-Institut, KIT im Auftrag des BMWi.

[PPE, 2016] *Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).* Verfügbar unter: www.ecologique-solidaire.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe, (Abruf vom: 14.11.2017)

[Prognos, 2014] *Perspektiven der öffentlichen Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung (KWKK) in Österreich*, Berlin 2014

[Prognos/ifeu/BHKW-Consult 2013]: Wissenschaftliche Begleitforschung im Rahmen der Wiederaufnahme des Mini-KWK-Impulsprogramms. Analyse der

künftigen Position der Mini-KWK im Strom- und Wärmemarkt. Im Auftrag des BMUB.

[RVO, 2017] *SDE+ Autumn 2017, Instructions on how to apply for a subsidy for the production of renewable energy, Opening period: 3 – 26 October 2017.* Netherlands Enterprise Agency (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, RVO). Commissioned by the Ministry of Economic Affairs. Verfügbar unter https://english.rvo.nl/sites/default/files/2017/09/Brochure%20SDE%20plus%20Autumn%202017%20ENG%20Def.pdf, (Abruf am 16.01.2018)

[Regeringen, 2017] www.regeringen.se/rattsdokument/proposition/2008/02/prop.-20070860/ (Abruf vom 06.10.2017)

[Réseaux chaleur 2012] *Appels d'offres CRE pour la cogénération biomasse – Projets retenus*. Verfügbar unter: http://reseaux-chaleur.cerema.fr/appels-doffres-cre-pour-la-cogeneration-biomasse-projets-retenus, (Abruf vom: 14.11.2017)

[RIS, 2017] *Erläuterungen zum Ökostrom-Novellenpaket 2017*. Abrufbar unter www.ris.bka.gv.at/Dokumente/RegV/REGV_COO_2026_100_2_1346954/COO_2026_100_2_1347360.pdf, (Abruf am 9.11.2017)

[RIS, 2015] *Inkrafttreten des Bundesgesetzes, mit dem das KWK-Gesetz geändert wird (KWK-Gesetz-Novelle 2014)*. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 27. Kundmachung, ausgegeben am 22.01.2015. Abrufbar unter https://news.wko.at/news/oesterreich/BGBLA_2015_I_27.pdf, (Abruf am 9.11.2017)

[SKM, 2018] SKM Elcerticate price history (SEK). Abrufbar unter: http://www.skm.se/priceinfo/history/, (Abruf am 08.01.2018)

[StBA, 2017] *Statistisches Bundesamt, Reihe 064+066*

[Sveriges Riksdag, 1998] Förordning (1998:22) om statligt bidrag till vissa investeringar inom energiområdet. Abrufbar unter: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-199822-om-statligt-bidrag-till_sfs-1998-22, (Abgerufen am 08.01.2018)

[Scottish & Southern, 2017] *How are DUoS charges calculated? – Overview*, verfügbar unter: www.ssepd.co.uk/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=12511 (Abruf vom 09.11.2017)

[Skatteverket, 2017a] www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/verksamhetermedlagreskatt/kraftvarme.4.361dc8c15312eff6fd19412.html (Abruf vom 29.09.2017)

[Skatteverket, 2017b] www.skatteverket.se/privat/fastigheterochbostad/rotochrutarbete/saharfungerarrotochrutavdraget.4.d5e04db14b6fef2c866097.html#Rotochrutavdragetsstorlek (Abruf vom 06.10.2017)

[Statens Energimyndighet, 2013] *Heltäckande bedömning av potentialen för att använda högeffektiv kraftvärme, fjärrvärme och fjärrkyla*, Statens energimyndighet, 2013

[Svebio, 2017] www.svebio.se/vi-verkar-for/koldioxidskatt/ (Abruf vom 29.09.2017)

[TU Berlin, 2017] Technische Universität Berlin (2017): EnEff-Wärme: Einsatz von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen in der Fernwärmeerzeugung.

[UK POWER, 2017] *Distribution Charging. Embedded Generation*, verfügbar unter: www.google.com/url?q=http://www2.nationalgrid.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx%3Fid%3D25038&sa=U&ved=0ahUKEwiTt5f0xpjXAhWFPFAKHapID5IQFggEMAA&client=internal-uds-cse&cx=011991650336793327929:lxtv20xzipe&usg=AOvVaw0vvE1UE3nvcALJuO__7BgF (Abruf vom: 09.11.2017)

[VROM, 2007] *New Energy for Climate Policy. The 'Clean and Efficient' programme*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM). Verfügbar unter www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/brochures/2010/11/25/new-energy-for-climate-policy/11br2007g486-2008122-154154.pdf (Abruf am 10.11.2017)

[WKLG, 2014] *Bundesgesetz, mit dem die Errichtung von Leitungen zum Transport von Nah- und Fernwärme sowie Nah- und Fernkälte gefördert wird (Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz – WKLG).* Verfügbar unter www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005917, (Abruf am 9.11.2017)

[KOM, 2007] *Staatliche Beihilfen: Kommission genehmigt Beihilferegelung zur Förderung erneuerbarer Energien (SDE)*. Pressemitteilung der europäischen Kommission. IP/07/1992, Brüssel, 21. Dezember 2007. Verfügbar unter http://europa.eu/rapid/press-release_IP-07-1992_de.pdf, (Abruf am 15.01.2018)

9 Anhang

Detaillierte Beschreibung der unter Abschnitt 4.3 untersuchten Fälle in der Objekt- und Industrieversorgung:

Fall 1: Einfamilienhaus:

Es wurde ein Einfamilienhaus mit drei Bewohnern angenommen. Der Strombedarf wurde mit rund 4.000 kWh pro Jahr, der Wärmebedarf auf rund 20.000 kWh pro Jahr angesetzt. In diesem Objekt wird eine 1-kW-Mikro-KWK-Anlage auf Basis eines Verbrennungsmotors eingesetzt. Dabei ergeben sich rund 5.000 Volllaststunden und eine Eigenstromquote von ca. 50 Prozent. Rund 63 Prozent des Wärmebedarfs werden mittels KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 2 und Fall 3: Zweifamilienhaus

Für das Versorgungsobjekt „Zweifamilienhaus“ wurden zwei Fälle mit BHKW-Anlagen unterschiedlicher Größe generiert. Das Zweifamilienhaus wird von sechs bis sieben Personen bewohnt und weist einen jährlichen Strombedarf in Höhe von 8.000 kWh auf. Der Wärmebedarf wurde auf rund 37.000 kWh prognostiziert.

Im Fall 2 wird im Zweifamilienhaus ein Verbrennungsmotor mit 1 kW elektrischer Leistung und 2,5 kW thermischer Leistung installiert. Bei 6.000 Vollaststunden pro Jahr werden rund 70 Prozent des bereitgestellten KWK-Stroms im Versorgungsobjekt genutzt. 41 Prozent des Wärmebedarfs werden mittels KWK-Anlage abgedeckt.

Im Fall 3 kommt eine motorische Mini-KWK-Anlage mit 5 kW elektrischer und 12,2 kW thermischer Leistung zum Einsatz. Die Mini-KWK-Anlage deckt bei 3.000 Betriebsstunden nahezu den gesamten Wärmebedarf des Gebäudes ab. Aufgrund der größeren Dimensionierung liegt die Eigenstrom-Nutzungsquote bei lediglich 40 Prozent. Die KWK-Anlage deckt 99 Prozent des Wärmebedarfs.

Fall 4: Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten

Der Wärmebedarf eines 12-Familien-Hauses beträgt pro Jahr rund 120.000 kWh. Der gesamte Strombedarf, bestehend aus Allgemeinstrom und Strombezug der 12 Wohneinheiten, wird mit 42.000 kWh angesetzt.

Eingesetzt wird eine motorische Mini-KWK-Anlage mit 5 kW elektrischer Leistung und 12,2 kW thermischer Leistung. Während der jährlichen 6.000 Vollbenutzungsstunden werden 61 Prozent des Wärmebedarfs durch die KWK-Anlage abgedeckt.

Die KWK-Strommenge wird lediglich für die Abdeckung des Allgemeinstroms des Mehrfamilienhauses verwendet. Ein Direktverkauf

an Mieter wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht angenommen. Die Eigenstrom-Nutzungsquote beträgt 10 Prozent.

Fall 5: Mehrfamilienhaus mit 60 Wohneinheiten

Für das Hochhaus-Projekt wurde ein Jahreswärmebedarf in Höhe von 450.000 kWh und ein Gesamt-Strombedarf von 150.000 kWh angenommen.

Eingesetzt wird eine motorische Mini-KWK-Anlage mit 5 kW elektrischer Leistung und 12,2 kW thermischer Leistung, die 7.500 Stunden pro Jahr in Betrieb ist.

Die KWK-Strommenge wird lediglich für die Abdeckung des Allgemeinstroms des Mehrfamilienhauses verwendet. Ein Direktverkauf an Mieter wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht angenommen. Die Eigenstrom-Nutzungsquote beträgt aufgrund der klein dimensionierten BHKW-Anlage rund 40 Prozent. Rund 20 Prozent des Wärmebedarfs werden von der KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 6: Kleines Gebäude Gewerbe-Handel-Dienstleitungen

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein Gebäude aus dem Bereich Gewerbe-Handel-Dienstleitungen, das sich gegenüber einem Wohngebäude durch einen höheren spezifischen Strombedarf auszeichnet.

Für das Gebäude wird ein Jahreswärmebedarf von 125.000 kWh und ein Stromverbrauch von rund 50.000 kWh angenommen.

Eingesetzt wird eine motorische Mini-KWK-Anlage mit 5 kW elektrischer Leistung und 12,2 kW thermischer Leistung, die 6.000 Stunden pro Jahr in Betrieb ist und dabei rund 80 Prozent des Stroms im Versorgungsobjekt bereitstellen kann. Es wird von einer Personenidentität des BHKW-Betreibers und des alleinigen Nutzers des Gebäudes ausgegangen. Die KWK-Anlage deckt 59 Prozent des Wärmebedarfs ab.

Fall 7: Schule

Bei dem Versorgungsobjekt handelt es sich um ein kleines Gymnasium bzw. eine größere Realschule mit rund 600 Schülerinnen und Schülern sowie 7.000 Quadratmeter mit Turnhalle. Der Jahreswärmebedarf liegt bei 700.000 kWh und der Strombedarf bei rund 80.000 kWh pro Jahr.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für eine motorische KWK-Anlage mit 50 kW elektrischer und 84 kW thermischer Leistung. Dies wird rund 4.500 Volllaststunden pro Jahr in Betrieb sein und weist eine Eigenstrom-Nutzungsquote von 30 Prozent auf. 54 Prozent des Wärmebedarfs werden mittels KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 8: Mittleres Gebäude Gewerbe-Handel-Dienstleitung

Bei diesem Versorgungsobjekt (Einzelhandel) wurde ein Strombedarf von 200.000 kWh sowie ein Wärmebedarf von 500.000 kWh angenommen.

Eine 50-kW-Anlage mit 84 kW thermischer Leistung würde bei 4.500 Volllaststunden pro Jahr rund 50 Prozent des KWK-Stroms im Versorgungsobjekt nutzen. Außerdem werden 76 Prozent des Wärmebedarfs durch die KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 9: Krankenhaus

Bei dem Versorgungsobjekt handelt es sich um ein Krankenhaus in der Grundversorgung mit rund 180 bis 200 Betten. Der jährliche Wärmebedarf wird mit 3.500.000 kWh angenommen. Der Jahresstrombedarf beträgt rund 1.000.000 kWh.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für eine motorische KWK-Anlage mit 50 kW elektrischer und 84 kW thermischer Leistung. Dies wird rund 7.500 Volllaststunden pro Jahr in Betrieb sein und weist eine Eigenstrom-Nutzungsquote von 90 Prozent auf. 18 Prozent des Wärmebedarfs werden durch die KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 10: Hotel

Das Wellness- bzw. Kongresshotel mit rund 200 bis 240 Zimmern weist einen jährlichen Wärmebedarf von 1.400.000 kWh sowie einen Strombedarf von rund 1.000.000 kWh pro Jahr auf.

Eine 50-kW-Anlage mit 84 kW thermischer Leistung würde bei 7.500 Volllaststunden pro Jahr rund 90 Prozent des KWK-Stroms im Versorgungsobjekt nutzen. Außerdem würde diese KWK-Anlage 45 Prozent des Wärmebedarfs abdecken.

Fall 11: Stadtwerk

Bei diesem Versorgungsfall handelt es sich um ein kleineres Stadtwerk, das die KWK-Anlage in seine Fernwärmeversorgung integriert und den Strom in einem Gebäudekomplex überwiegend selbst nutzt. Installiert wird eine motorische KWK-Anlage mit 100 kW elektrischer und rund 160 kW thermischer Leistung, die 5.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr Strom und Wärme bereitstellt.

90 Prozent des bereitgestellten Stroms der wärmegeführten Anlage kann im Versorgungsobjekt genutzt werden. Die Wärmeerzeugung der KWK-Anlage kann vollständig genutzt werden.

Wird es in einem kleineren Stadtwerk zur Fernwärmeversorgung bei einer gleichzeitigen hohen Stromeigennutzung eingesetzt, ergibt sich eine Projektrendite von 18 Prozent

Fall 12: Industrie – Maschinenbau

Installiert wird eine motorische KWK-Anlage mit 500 KW elektrischer und 654 kW thermischer Leistung, die 6.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr Strom und Wärme bereitstellt. 80 Prozent des bereitgestellten Stroms kann im Versorgungsobjekt genutzt werden. 31 Prozent des Wärmebedarfs wird durch die KWK-Anlage abgedeckt.

Fall 13: Industrie – Automobilzulieferer

Im Industriefall „Automobilzulieferer“ wird ein Versorgungsobjekt mit 25.000.000 kWh Jahreswärmebedarf und 10.000.000 kWh Jahresstrombedarf in die Betrachtung einbezogen.

Die in diesem Versorgungsobjekt installierte KWK-Anlage mit 500 kW elektrischer und 654 kW thermischer Leistung weist bei 6.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr eine Eigenstrom-Nutzungsquote von 90 Prozent auf. Der Anteil der KWK-Wärme am Wärmebedarf beträgt 17 Prozent.

Fall 14: Industrie – Automobilzulieferer

Fall 14 unterscheidet sich von Fall 13 lediglich in der Größe der eingesetzten KWK-Anlage. Der Automobilzulieferer mit einem Wärmebedarf von 25 Millionen kWh pro Jahr und einem jährlichen Strombedarf in Höhe von 10 Millionen kWh wird von einer KWK-Anlage versorgt, die 1.990 kW elektrische und 2.285 kW thermische Leistung aufweist. Bei 5.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr beträgt die Eigenstrom-Nutzungsquote 50 Prozent. Die Wärmeabdeckungsrate beträgt 46 Prozent.

Fälle 15 bis 19: Industrie – Automobilwerk

Für die Versorgung eines Industriebetriebes (z. B. eines Automobilwerkes) mit einem Jahresbedarf an Wärme in Höhe von 200 GWh sowie an Strom in Höhe von 100 GWh wurden KWK-Anlagen in der Größe von knapp unterhalb 2 MW_{el} bis 20 MW_{el} betrachtet.

Das BHKW mit knapp 2 MW würde nur einen kleinen Teil des Strom- und Wärmebedarfs des Betriebes abdecken können und würde als Dauerläufer mit rund 8.000 Volllaststunden zur Grundlastabdeckung betrieben werden. Der gesamte erzeugte Strom könnte im Betrieb selbst verbraucht werden. In der Regel werden KWK-Anlagen bei diesem Verbrauchstyp jedoch größer ausgelegt, um einen höheren Anteil des Strom- und Wärmeverbrauchs mit der Anlage decken zu können.

Die untersuchten KWK-Anlagen mit 5 MW bis 20 MW würden in diesem Fall rund 5.000 Volllaststunden erreichen. Bis auf den 20-MW-Fall könnten auch bei diesen Anlagen der gesamte erzeugte Strom selbst genutzt werden.

Fälle 20 bis 23: Industrie – Papierfabrik

Hier wurde ein energieintensiver industrieller Betrieb betrachtet (z. B eine Papierfabrik). Der angenommene jährliche Strom- und Wärmebedarf ist mit 100 GWh bzw. 200 GWh genauso hoch wie in dem davor betrachtenden Fall des Automobilwerks. Im Gegensatz zum nicht energieintensiven Automobilwerk liegen in diesem Fall die Strombezugskosten durch die ermäßigte EEG-Umlage deutlich niedriger.

Betrachtet wurden für diesen Verbrauchstyp KWK-Anlagen mit einer Leistung von 5 MW bis 20 MW. Bei der eher kleinen Anlagenauslegung der Anlagen mit 5 MW bzw. 10 MW gehen wir von 6.000 Betriebsstunden und einer vollständigen Stromeigennutzung aus. Wenn eine größer dimensionierte Anlage mit 20 MW betrieben wird, geht die mögliche Nutzungszeit der Anlage auf 5.000 Stunden zurück, die Eigenstrom-Nutzungsquote sinkt gleichzeitig auf 80 Prozent.

Die angenommenen Vollbenutzungsstunden liegen für diese betrachteten Fälle etwas höher als die mittleren Vollbenutzungsstunden von etwa 4.400 h/a der Stromerzeugungsanlagen in der Papierindustrie [Destatis 2013]. Die Statistik bildet alle bestehenden Kraftwerke (inkl. Altanlagen und Backup-Kraftwerken) dieser Branche ab. Für neue Kraftwerke, die in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung betrachtet werden, sind die angesetzten höheren Betriebsstunden realistisch.

Fall 24: Industrie – Chemiewerk

Dieser Versorgungstyp beschreibt einen sehr großen energieintensiven Betrieb mit einem jährlichen Stromverbrauch von einer TWh und einem Wärmeverbrauch von zwei TWh. Typische Vertreter solcher Betriebe gibt es im Bereich der chemischen Industrie oder der Mineralölverarbeitung. Stromerzeugungsanlagen in diesen beiden Branchen weisen etwa 5.000 Volllaststunden pro Jahr auf [Destatis 2013]. Für die hier untersuchte Neubauanlage mit 20 MW wird eine Laufzeit von 6.000 Stunden pro Jahr angenommen. Bei einer noch größeren Anlagenauslegung wären etwas niedrigere Vollbenutzungsstundenzahlen zu erwarten.

Detaillierte Darstellung der Nutzungsgrade von KWK-Anlagen (siehe Kapitel 4.2)

Tabelle 51: Entwicklung der KWK-Kennzahlen: Gesamtnutzungsgrad

	2003	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Gesamtnutzungsgrad								
Öffentliche Versorgung	**0,75**	**0,76**	**0,74**	**0,76**	**0,75**	**0,75**	**0,75**	**0,74**	**0,74**
Steinkohle	0,70	0,79	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,78
Braunkohle	0,77	0,76	0,77	0,76	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79
Öl	0,83	0,67	0,60	0,72	0,71	0,68	0,63	0,63	0,65
Gas	0,79	0,80	0,79	0,80	0,81	0,81	0,81	0,80	0,81
Biomasse	0,58	0,55	0,56	0,59	0,58	0,59	0,60	0,57	0,58
Sonstige	0,71	0,55	0,55	0,57	0,55	0,57	0,58	0,54	0,54
Industrielle Kraftwirtschaft	**0,81**	**0,79**	**0,79**	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,79**
Steinkohle	0,81	0,76	0,79	0,79	0,77	0,78	0,77	0,75	0,78
Braunkohle	0,82	0,80	0,80	0,81	0,77	0,81	0,80	0,80	0,80
Öl	0,81	0,75	0,71	0,82	0,85	0,83	0,87	0,84	0,85
Gas	0,81	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80
Biomasse	0,79	0,69	0,70	0,69	0,75	0,76	0,74	0,75	0,76
Sonstige	0,79	0,93	0,96	0,87	0,72	0,73	0,83	0,74	0,73
ÖV+IKW	**0,77**	**0,77**	**0,76**	**0,77**	**0,77**	**0,77**	**0,78**	**0,77**	**0,76**
Steinkohle	0,72	0,79	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,78
Braunkohle	0,79	0,78	0,78	0,78	0,77	0,79	0,79	0,79	0,80
Öl	0,81	0,75	0,71	0,81	0,84	0,83	0,86	0,83	0,85
Gas	0,80	0,81	0,80	0,81	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81
Biomasse	0,70	0,62	0,62	0,64	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65
Sonstige	0,75	0,66	0,66	0,65	0,59	0,61	0,64	0,59	0,59

Quellen: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnung Öko-Institut, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Tabelle 52: Entwicklung der KWK-Kennzahlen: elektrische Nutzungsgrade

	2003	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Elektrischer Nutzungsgrad								
Öffentliche Versorgung	**0,26**	**0,26**	**0,26**	**0,25**	**0,24**	**0,24**	**0,24**	**0,25**	**0,25**
Steinkohle	0,23	0,24	0,24	0,23	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22
Braunkohle	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23
Öl	0,19	0,17	0,28	0,17	0,17	0,17	0,14	0,16	0,16
Gas	0,31	0,33	0,34	0,33	0,33	0,32	0,33	0,34	0,34
Biomasse	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Sonstige	0,14	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11
Industrielle Kraftwirtschaft	**0,18**	**0,20**	**0,20**	**0,20**	**0,20**	**0,21**	**0,21**	**0,21**	**0,22**
Steinkohle	0,17	0,17	0,18	0,13	0,14	0,14	0,12	0,15	0,16
Braunkohle	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
Öl	0,19	0,14	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,14
Gas	0,19	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,27
Biomasse	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Sonstige	0,14	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,12	0,11	0,12
ÖV+IKW	**0,23**	**0,24**	**0,24**	**0,23**	**0,23**	**0,23**	**0,23**	**0,23**	**0,24**
Steinkohle	0,22	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Braunkohle	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Öl	0,19	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,14
Gas	0,26	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,30	0,30
Biomasse	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Sonstige	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11

Quellen: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnung Öko-Institut, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Tabelle 53: Entwicklung der KWK-Kennzahlen: thermische Nutzungsgrade

	2003	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Thermischer Nutzungsgrad								
Öffentliche Versorgung	**0,49**	**0,49**	**0,48**	**0,50**	**0,51**	**0,51**	**0,51**	**0,49**	**0,48**
Steinkohle	0,47	0,55	0,54	0,56	0,57	0,57	0,58	0,58	0,56
Braunkohle	0,56	0,55	0,55	0,54	0,55	0,56	0,57	0,56	0,56
Öl	0,64	0,51	0,32	0,55	0,54	0,51	0,49	0,48	0,49
Gas	0,48	0,47	0,45	0,47	0,49	0,48	0,49	0,46	0,47
Biomasse	0,45	0,41	0,42	0,45	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42
Sonstige	0,56	0,44	0,44	0,47	0,45	0,47	0,47	0,43	0,42
Industrielle Kraftwirtschaft	**0,63**	**0,59**	**0,59**	**0,60**	**0,60**	**0,59**	**0,59**	**0,58**	**0,58**
Steinkohle	0,64	0,58	0,62	0,65	0,63	0,63	0,65	0,60	0,62
Braunkohle	0,68	0,68	0,68	0,68	0,65	0,69	0,68	0,69	0,69
Öl	0,62	0,62	0,59	0,68	0,71	0,69	0,72	0,69	0,71
Gas	0,62	0,57	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55	0,53
Biomasse	0,64	0,55	0,56	0,55	0,60	0,61	0,59	0,59	0,60
Sonstige	0,65	0,76	0,80	0,72	0,56	0,57	0,71	0,63	0,62
ÖV+IKW	**0,54**	**0,53**	**0,53**	**0,54**	**0,55**	**0,55**	**0,55**	**0,53**	**0,53**
Steinkohle	0,50	0,56	0,55	0,57	0,57	0,58	0,59	0,59	0,57
Braunkohle	0,60	0,59	0,60	0,59	0,59	0,61	0,61	0,61	0,61
Öl	0,62	0,61	0,58	0,67	0,70	0,68	0,72	0,68	0,70
Gas	0,54	0,52	0,51	0,52	0,53	0,53	0,52	0,51	0,50
Biomasse	0,56	0,48	0,49	0,50	0,52	0,51	0,50	0,49	0,49
Sonstige	0,61	0,54	0,53	0,53	0,48	0,49	0,53	0,48	0,48

Quellen: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnung Öko-Institut, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018

Tabelle 54: Entwicklung der KWK-Kennzahlen: Stromkennzahlen

	2003	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	Stromkennzahl								
Öffentliche Versorgung	**0,54**	**0,53**	**0,55**	**0,51**	**0,48**	**0,48**	**0,47**	**0,51**	**0,53**
Steinkohle	0,49	0,43	0,44	0,40	0,40	0,40	0,38	0,39	0,39
Braunkohle	0,36	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,38	0,40	0,41
Öl	0,29	0,32	0,89	0,31	0,32	0,34	0,29	0,33	0,33
Gas	0,65	0,70	0,74	0,71	0,67	0,67	0,67	0,73	0,73
Biomasse	0,28	0,33	0,33	0,30	0,32	0,33	0,36	0,38	0,38
Sonstige	0,26	0,25	0,27	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24	0,26
Industrielle Kraftwirtschaft	**0,29**	**0,34**	**0,34**	**0,33**	**0,34**	**0,35**	**0,35**	**0,37**	**0,38**
Steinkohle	0,26	0,30	0,29	0,21	0,22	0,23	0,18	0,25	0,25
Braunkohle	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,17	0,18	0,16	0,17
Öl	0,30	0,22	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,20
Gas	0,31	0,43	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,50
Biomasse	0,23	0,25	0,25	0,26	0,23	0,25	0,26	0,28	0,26
Sonstige	0,21	0,22	0,21	0,22	0,29	0,28	0,18	0,18	0,19
ÖV+IKW	**0,42**	**0,44**	**0,45**	**0,43**	**0,42**	**0,42**	**0,41**	**0,44**	**0,45**
Steinkohle	0,44	0,41	0,41	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36
Braunkohle	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,29	0,30	0,29	0,30
Öl	0,30	0,22	0,23	0,20	0,21	0,22	0,21	0,22	0,20
Gas	0,48	0,56	0,57	0,56	0,54	0,54	0,54	0,58	0,60
Biomasse	0,25	0,28	0,29	0,28	0,27	0,29	0,31	0,33	0,32
Sonstige	0,23	0,24	0,24	0,23	0,24	0,25	0,21	0,22	0,24

Quellen: Statistisches Bundesamt, eigene Berechnung Öko-Institut, Öko-Institut und Statistisches Bundesamt 2018