

BINE-Informationspaket

Blockheizkraftwerke

Ein Leitfaden für den Anwender

7., vollständig überarbeitete Auflage

Wolfgang Suttor

LESEPROBE

Herausgeber



Der BINE Informationsdienst bietet Kompetenz in neuen Energietechniken. Der intelligente Umgang mit knappen, wertvollen Energieressourcen, insbesondere in Gebäuden und der Gebäudetechnik, sowie die Nutzung erneuerbarer Energien sind die BINE-Kernthemen. Zu diesen Inhalten vereinen wir vielfältiges Know-how aus Forschung, Technik und Anwendung. Eine Übersicht über unser komplettes Produkt- und Dienstleistungsangebot finden Sie unter www.bine.info. Gerne senden wir Ihnen die Informationen auch zu.

BINE ist ein Informationsdienst von FIZ Karlsruhe und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

Für weitere Fragen steht Ihnen zur Verfügung:

Uwe Friedrich (Redaktion)

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe, Büro Bonn

Kaiserstr. 185–197, 53113 Bonn

Tel. 0228 | 923 79-0 , E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de, www.bine.info

Verlag: Solarpraxis AG

Zinnowitzer Straße 1, 10115 Berlin

Tel.: 030 | 726 296-300 , E-Mail: verlag@solarpraxis.de, www.solarpraxis.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Inhalte dieses Werkes werden von Verlag, Herausgeber und Autoren nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet und zusammengestellt. Eine rechtliche Gewähr für die Richtigkeit der einzelnen Angaben kann jedoch nicht übernommen werden. Gleiches gilt auch für Websites, auf die verwiesen wird. Es wird betont, dass wir keinerlei Einfluss auf die Inhalte und Formulierungen dieser Seiten haben und auch keine Verantwortung für sie übernehmen.

Grundsätzlich gelten die Wortlaute der Gesetzestexte und Richtlinien und die einschlägige Rechtsprechung.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

ISBN 978-3-934595-99-6

© by FIZ Karlsruhe, 2009

Gestaltung: Solarpraxis AG

Titelfoto: Solarpraxis AG, Berlin

Hinweis zu den Abbildungen: Soweit nachfolgend keine anderen Quellen genannt werden, stammen die Abbildungen vom Autor.



Vorwort	5
1 Energiepolitische Zielsetzung und Rahmenbedingungen	7
1.1 Energieeinsparung und Umweltschutz	8
1.2 Einsatzbereiche und Perspektiven	11
1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	14
1.4 Förderprogramme.....	27
1.5 Hemmnisse.....	29
2 Von der KWK zum BHKW	32
2.1 Die Grundidee der Kraft-Wärme-Kopplung	32
2.2 Marktgängige KWK-Techniken	34
2.3 Bewertungszahlen für KWK-Anlagen	40
3 Neue KWK-Technologien und Potenziale	43
3.1 Dampfmotoren.....	43
3.2 Stirlingmotoren	46
3.3 Brennstoffzellen.....	47
3.4 Kälteerzeugung kleiner Leistung.....	50
4 Einsatzbedingungen und Umweltauswirkungen	51
4.1 Strom- und Wärmebedarf	51
4.2 Flächenbedarf und Gewicht	58
4.3 Umweltauswirkungen	60
5 BHKW-Technik	62
5.1 Anlagenkomponenten	62
5.2 Brennstoffe und Wärmeauskopplung	73
5.3 Einsatzfelder.....	75
5.4 Hydraulische Integration in die Heizungsanlage.....	83
5.5 Steuer- und regelungstechnische Einbindung	87
5.6 Betriebskonzepte	91
5.7 Wartungs- und Überwachungskonzepte	94
6 Wirtschaftlichkeit	98
6.1 Grundlagen.....	98
6.2 Kostenermittlung	100
6.3 Erlöse, Einsparungen	108
6.4 Beispiele.....	110
7 Organisatorische Konzepte und Vertragsmodelle	117
7.1 Eigenversorgung	118
7.2 Fremdversorgung (Contracting)	121
8 Anmeldung, Genehmigung, Anträge	124
8.1 Vor Inbetriebnahme.....	124
8.2 Nach Inbetriebnahme	125
8.3 Versicherungen.....	125

9	Planungsschritte	127
9.1	BHKW-Größe	128
9.2	Pflichtenheft für den Anwender.....	129
9.3	Bedarfsprofile.....	130
9.4	Ausschreibung und Lieferumfang.....	130
9.5	Beteiligung des Handwerks	132
9.6	Pflichtenheft für den Projektbeauftragten	133
10	Serviceteil	134
10.1	Förderung	134
10.2	Baugenehmigung	134
10.3	Zulassung und Meldung nach dem KWK-Gesetz	134
10.4	Energiesteuerentlastung.....	139
10.5	Stromlieferung.....	141
10.6	Anmeldung beim örtlichen Stromversorger (Netzbetreiber)	144
10.7	Ausschreibungsbeispiel für ein Energieliefer-Contracting	144
11	Zitierte Literatur und Abbildungsverzeichnis	145
11.1	Zitierte Literatur	145
11.2	Abbildungsverzeichnis.....	145
12	Energieforschung der Bundesregierung	147
12.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben	147
12.2	Forschungsberichte	148
13	Weiterführende Literatur	150
13.1	Kraft-Wärme-Kopplung, Blockheizkraftwerke, Mini-Blockheizkraftwerke	150
13.2	Stirling-Motoren	155
13.3	Brennstoffzellen	156
13.4	BINE Informationsdienst.....	158
13.5	Zeitschriften	158
13.6	Internet	159
14	Zum Autor	160

LESEPROBE



Vorwort

Auch wenn sich die Versorgung mittels Kraft-Wärme-Kopplung in den letzten Jahrzehnten rasant ausgebreitet hat, deckt sie aus der Sicht der gesamten Stromerzeugung nur einen bescheidenen Anteil von rd. 12 % ab – obwohl eine vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderte Studie sogar ein Potenzial von über 50 % KWK-Anteil ausweist.

Demzufolge haben die derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen wie das KWK-Gesetz, das EEG oder das EEWärme-Gesetz das Ziel, die Kraft-Wärme-Kopplung auf unterschiedliche Weise finanziell zu fördern bzw. ihr einen wirtschaftlichen Vorteil zu verschaffen. Durch aktuelle Förderprogramme – wie das Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen – wird zusätzlich eine starke Belebung des Marktes erwartet.

5

Die siebte Auflage dieses BINE Informationspakets konzentriert sich auf Fragen der praktischen Anwendung von Blockheizkraftwerken. Aktualisiert wurde der energie-wirtschaftliche und -rechtliche Kontext von KWK-Anwendungen, ergänzt um neue Förderinstrumente. Neuen Technologien und Potenzialen wurde ein eigenes Kapitel gewidmet. Es informiert über den Entwicklungsstand kleiner dampfbetriebener Kolbenmotoren, über Stirling-Motoren, Brennstoffzellen sowie die kombinierte Kälteerzeugung aus KWK-Anlage und Absorptionskälteanlage.

Dieser Leitfaden soll Anwendern helfen, Hemmnisse bei der Umsetzung der Kraft-Wärme-Kopplung zu überwinden und einen einfachen und kostengünstigen Stromnetz-zugang zu ermöglichen. Den thematischen Schwerpunkt bilden deshalb technische und Betriebskonzepte, die Wirtschaftlichkeitsermittlung von BHKW-Anlagen sowie Organisations-, Finanzierungs- und Genehmigungsfragen. Der Serviceteil bietet in übersichtlicher Form neben Literaturangaben und Internetadressen vor allem Antrags- und Vertragsmuster für notwendige Genehmigungsschritte, für Betrieb und Wartung.

FIZ Karlsruhe
BINE Informationsdienst

LESEPROBE



LESEPROBE

1 Energiepolitische Zielsetzung und Rahmenbedingungen

Die Energiewirtschaft steht am Scheideweg. Werden bis 2020 die 40.000 MW an Kraftwerkskapazität durch neue zentrale Großkraftwerke ersetzt oder läuft die Entwicklung auf kleine dezentrale Einheiten hinaus? Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und speziell die Blockheizkraftwerke (BHKW) zählen zur dezentralen Versorgungstechnik, weil Wärme nicht wie Strom über weite Strecken transportiert werden kann. Neben den Vorzügen der KWK-Technik werden auch entsprechende Gesetze und Förderprogramme die Entwicklung beeinflussen.

7

Auch wenn sich die Versorgung mittels KWK in den letzten Jahrzehnten rasant ausbreitet hat, deckt sie aus der Sicht der gesamten Stromerzeugung nur einen bescheidenen Anteil von rd. 12 % ab, obwohl eine vom Bundeswirtschaftsministerium geförderte Studie sogar ein Potenzial von über 50 % KWK-Anteil ausweist. Um dieses hochgesteckte Ziel zu erreichen sollte für die weitere Stärkung der Dezentralisierung der Stromerzeugung eine Vorgabe des Umweltministeriums gesehen werden, die für neue Großkraftwerke nur noch die Stromerzeugung unter Nutzung der KWK vorsieht.

In Anbetracht der zweifelsfreien Vorteile beim Ressourcen- und Klimaschutz muss der Trend zu der effizienteren KWK unterstützt werden, zumal nach den Berechnungen der World Alliance for Decentralized Energy für die EU-Kommission auch ein wirtschaftlicher Kostenvorteil von 25 % durch die dezentrale Versorgung aufgezeigt wurde (Abb. 1). Ein weiterer Vorteil vieler kleiner KWK-Einheiten ist die erhöhte Versorgungssicherheit der Stromversorgung.

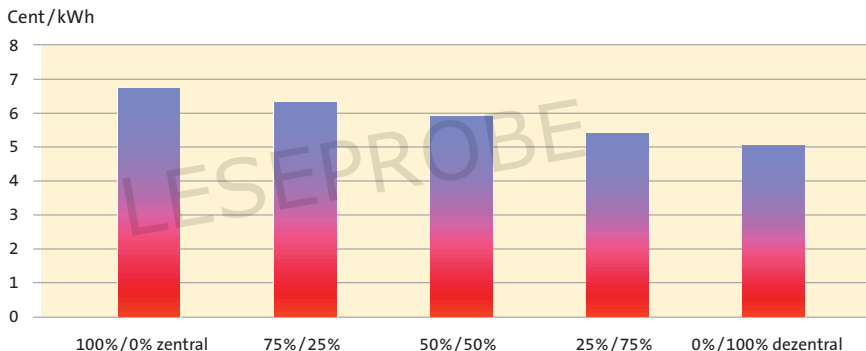


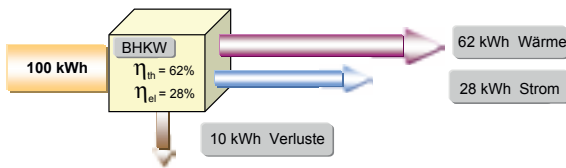
Abb. 1: Stromkosten bei verschiedenen Anteilen einer zentralen/dezentralen Versorgung

Dieser Leitfaden für den Anwender soll daher helfen, die Hemmnisse bei der Umsetzung der KWK zu überwinden und einen einfachen und kostengünstigen Stromnetz-zugang und -nutzung zu ermöglichen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um in den nächsten Jahrzehnten eine stärker dezentrale Versorgung aufzubauen, die sicher auch zentrale Erzeugungs- und Regelelemente enthalten wird.

1.1 Energieeinsparung und Umweltschutz

Die beiden grundsätzlichen und unbestrittenen Vorteile der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung sind die Energieeinsparung und die Umweltentlastung gegenüber der konventionellen Strom- und Wärmeversorgung aus Kraftwerken und Heizkesseln.

Blockheizkraftwerk



Heizkessel + Kraftwerk

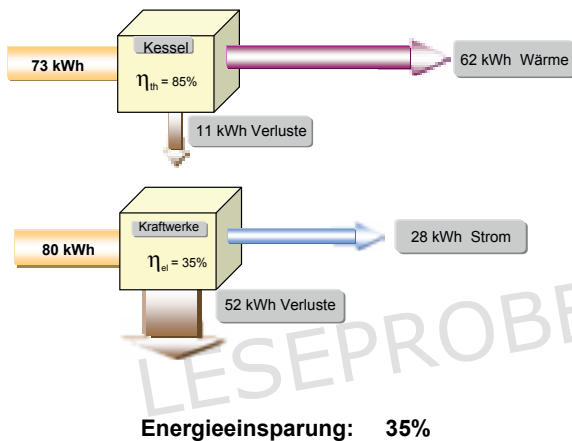
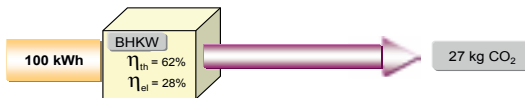


Abb. 2: Energieeinsparung durch ein BHKW

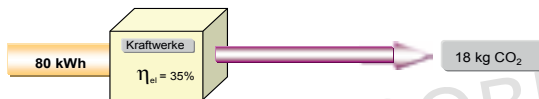
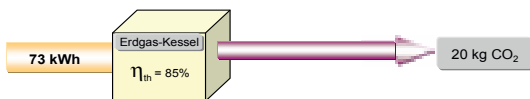
Die Energieeinsparung durch die KWK hängt selbstverständlich von der eingesetzten KWK-Technik (z. B. Motor-BHKW, Gasturbine) sowie von den Nutzungsgraden im Vergleich zur getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme ab. Die Abb. 2 zeigt, dass selbst für ein Klein-BHKW mit einem vergleichsweise geringen elektrischen Wirkungsgrad von 28 % im Vergleich zur Bereitstellung der gleichen Strom- und Wärmemenge aus einem normalen Heizkessel und den Kraftwerken der BRD eine Energieeinsparung von 35 % erzielt wird. Größere BHKW erreichen stromseitige Wirkungsgrade von über 40 %. Sie erzielen deshalb Energieeinsparungen von über 40 % im Vergleich zu ungekoppelten Kraftwerken und Heizkesseln. Selbst wenn man modernste Kraftwerke und Brennwertkessel mit höchsten Wirkungsgraden ansetzt, bleibt immer noch eine beachtliche Energieeinsparung.

Vergleicht man die für den Umweltschutz entscheidenden CO₂-Emissionen eines BHKW mit den Emissionen der Kraftwerke in der BRD und einem Heizkessel, so ergibt sich eine CO₂-Reduktion von 29 % (Abb. 3).

Blockheizkraftwerk



Heizkessel + Kraftwerk



CO₂-Einsparung: 29%

Abb. 3: CO₂-Einsparung durch ein BHKW

Selbstverständlich hängt dabei die erzielbare Entlastung der Umwelt von der Art der jeweils verwendeten Brennstoffe ab, da auch zwischen den fossilen Energien auf Grund der jeweiligen Kohlenstoffgehalte unterschiedliche CO_2 -Emissionen entstehen. In der Abb. 2 ist ein Erdgaskessel als alternative Wärmeerzeugung angenommen. Wählt man dagegen einen Heizölkessel, so steigt die CO_2 -Einsparung von 29 auf 42 % an. Sie steigt sogar noch weiter, wenn die BHKW-Stromerzeugung den Strom aus Kohlekraftwerken ersetzt.

Nicht zuletzt setzt die Bundesregierung auf die KWK, wenn sie ihr Klimaschutzziel erreichen will: Sie will bis zum Jahr 2020 die nationalen Klimagasemissionen um 40 % gegenüber dem Stand von 1990 senken. 2005 war eine Emissionsminderung gegenüber dem Basisjahr um 18,7 % erreicht.

Die energiepolitische Zielsetzung „Klimaschutz“ findet auch in der langfristigen Umstellung der Energieversorgung von fossilen (Kohle, Öl, Gas) auf regenerative Energieträger (z. B. Sonne, Wind, Biomasse) ihren Niederschlag. Die regenerativen Energieträger werden trotz ihrer unterschiedlichen Bedeutung oft in einem Zug mit der KWK genannt, weil diese prinzipiell geeignet ist, auch regenerative Energieträger mit einem hohen Wirkungsgrad in Strom und Wärme umzuwandeln. Damit wird die KWK dem Umweltschutz sowohl durch Effizienzsteigerung als auch durch die Möglichkeit, regenerative Energieträger einzusetzen, in hervorragender Weise gerecht. Dazu kommt noch, dass das technologische Entwicklungspotenzial gerade im Hinblick auf den Einsatz regenerativer Energieträger auch nach 100 Jahren KWK noch lange nicht ausgeschöpft ist (Abb. 4). Man denke nur an die rasche und viel versprechende Prototypentwicklung der Brennstoffzelle. Die KWK wird daher in den nächsten Jahrzehnten bei knapper werdenden fossilen Energieträgern auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung einen wesentlichen Beitrag leisten. Bereits für 2020 wird ein Anteil der erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung von 25 bis 30 % prognostiziert [1].



Holzvergaser mit Stirlingmotor



Biogasanlage mit BHKW



Pflanzenöl-BHKW



Brennstoffzelle evtl. mit Biogas

Abb. 4: Die KWK hat ein hohes Entwicklungspotenzial

11

1.2 Einsatzbereiche und Perspektiven

Der bei Weitem überwiegende Teil der KWK-Leistung kommt heute noch aus Heizkraftwerken (HKW) mit einer elektrischen Leistung von bis zu mehreren hundert MW, wie sie in der Industrie zur Strom- und Prozesswärme-Bereitstellung genutzt werden oder wie sie in städtischen Verdichtungsräumen Fernwärmenetze bei gleichzeitiger Stromproduktion versorgen.

Heizkraftwerk mit 17 kW_{el}BHKW mit 5 kW_{el}BHKW Modul mit 2.300 kW_{el}BHKW Modul mit 50 kW_{el}

Abb. 5: Je kleiner das BHKW desto größer das Potenzial

Seit den siebziger Jahren gewinnen daneben Blockheizkraftwerke (BHKW) an Bedeutung, deren bevorzugtes Einsatzgebiet größere Gebäude-Komplexe bzw. ein Zusammenschluss von bedeutenden Wärmeabnehmern über ein Nahwärmenetz sind. Als typisch für solche Nahwärmezentren in kleinen und mittleren Kommunen darf etwa die Zusammenfassung von Hallenbad, Bürgerhaus und Dienstleistungs-Betrieben mit der umliegenden Wohnbebauung gelten, die dann von einer Zentrale mit mehreren BHKW-Modulen und Spitzen- bzw. Reservekessel bedient werden. Während es sich hier regelmäßig um Motor-Heizkraftanlagen mit einer elektrischen Leistung von einigen hundert Kilowatt handelt, werden zur Versorgung größerer Netze und in der Industrie auch Gasturbinen – zumeist im Megawattbereich – eingesetzt.

In den letzten Jahren sind vor allem Motor-BHKW kleiner Leistung bis herunter zu Modulen mit wenigen Kilowatt elektrischer Leistung auf dem Vormarsch (Abb. 5). Von diesen Mini-BHKW sind inzwischen über 20.000 in Betrieb und es kommen jährlich einige Tausend dazu. Ihr bevorzugter Anwendungsbereich sind größere Einzelobjekte, zum Beispiel Wohnanlagen, Hotels, Gaststätten, Altersheime, Hallenbäder, Schulzentren und Krankenhäuser sowie Dienstleistungs- und Gewerbebetriebe. Die Einsatzfelder lassen sich noch deutlich steigern, wenn auch Mehrfamilienhäuser hinzukommen. Von 1990 bis 1997 hat die Anzahl der BHKW von ca. 1.400 Anlagen auf 4.200 zugenommen und liegt 2007 bei über 20.000. Diese haben zusammen eine elektrische Leistung von rd. 4.500 MW (Abb. 6).

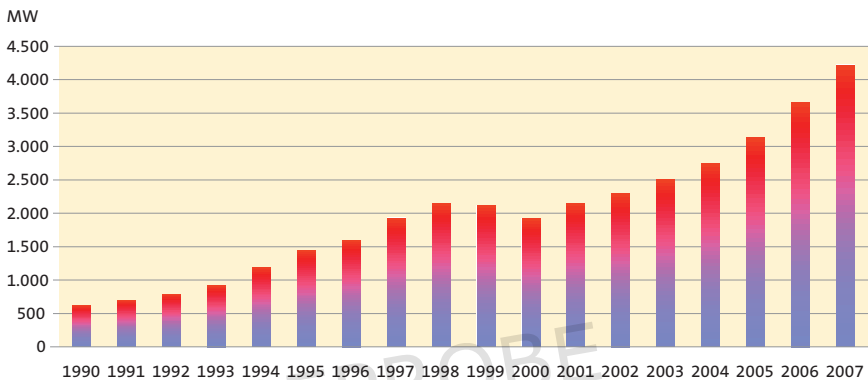


Abb. 6: Installierte Motoren-BHKW

Der viel versprechenden Aufwärtsentwicklung bei der Anzahl der BHKW steht eine gleich bleibende bzw. leicht fallende Tendenz der installierten BHKW-Leistung gegenüber, weil die Strompreise durch die Öffnung der Strommärkte (Liberalisierung) ab 1998 stark gefallen sind. In vielen Betrieben wurde die Alternative „Stromeigenerzeugung oder Bezug von einem Energieversorgungsunternehmen (EVU)“ zu Gunsten des

EVU entschieden. Es wurden teilweise noch deutlich niedrigere Strompreise als in der Abb. 7 dargestellt geboten, so dass nicht einmal die Brennstoffkosten – geschweige denn die Kapitalkosten – für das BHKW abgedeckt waren. Durch die seit 2003 wieder stark steigenden Strompreise hat sich der BHKW-Markt vorwiegend bei Anlagen bis 50 kW wieder deutlich belebt.

In Zukunft werden KWK-Anlagen stärker in Märkte der Wärmeversorgung von Einzelobjekten expandieren müssen, wenn eine kräftige Ausweitung ihres Versorgungsanteils erreicht werden soll. Denn vor allem in den alten Bundesländern hat sich in den vergangenen Jahrzehnten im Zuge der Marktdurchdringung mit Erdgas die Gasversorgung von Haushalten und Kleinverbrauchern sprunghaft ausgedehnt: von 1970 bis 2000 ist der Gaseinsatz im Bereich der privaten Haushalte durch unzählige Förderprogramme auf das Einundzwanzigfache gewachsen. Dies entspricht über den Zeitraum von 30 Jahren der enormen Steigerung von 11 % je Jahr.

Die klassische Konkurrenz zwischen den leitungsgebundenen Energien Gas (für die dezentrale Versorgung) und Fernwärme wurde in der (alten) Bundesrepublik – anders als etwa in Dänemark – weitgehend zugunsten von Erdgas in Verbindung mit Brennkesseln entschieden. Wie aber das Beispiel der Niederlande zeigt, ist ein hoher Anteil von gasversorgten Gebieten keineswegs ein prinzipieller Nachteil für die KWK. Gerade die dezentral einsetzbaren Motor-BHKW können das vorhandene Gasnetz als Infrastruktur optimal nutzen. Sie eignen sich daher zur Erschließung von Wärmebedarfspotenzialen, die für „große“ Fern- und Nahwärmesysteme konventioneller Art nicht zugänglich sind. Die KWK ist daher in einem schrumpfenden Wärmemarkt die große Chance für den Energieträger Erdgas.

KWK-Anlagen kleiner Leistung sind auch von erheblicher Bedeutung für eine verstärkte Nutzung des Prinzips der Kraft-Wärme-Kopplung in Industrie- und Gewerbe sowie im Dienstleistungssektor. Denn auch hier gibt es jenseits der auf wenige Industriezweige (z. B. im Grundstoffbereich, Chemie) konzentrierten HKW-Potenziale eine Vielzahl von Branchen mit kleineren Betriebsstätten und deshalb geringeren Leistungsanforderungen. Gleichwohl stimmen bei ihnen der Wärme- und Strombedarf im Zeitprofil gut überein. Sie eignen sich daher für den BHKW-Einsatz – zumal viele Produktionsbetriebe im Zuge der umweltseitigen Modernisierung ihre energietechnischen Anlagen auf Gas umgestellt haben. Nimmt man die Einsatzmöglichkeiten zur Wärmeversorgung bzw. zur kombinierten Wärme/Kälteversorgung von Objekten im Dienstleistungssektor hinzu, dann hat die KWK (und vor allem die BHKW-Technik) als Querschnittstechnologie der Energieversorgung ein so umfangreiches Einsatzgebiet wie keine andere Energietechnik.

1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der Klimaschutz als politische Zielsetzung ist wirkungslos, wenn nicht konkrete Rahmenbedingungen geschaffen werden, um auch die KWK zu fördern. Dies wurde bis 1998 weitgehend unterlassen, so dass die industrielle KWK seit 1970 kontinuierlich abnahm. In der gleichen Zeit verzeichneten die motorbetriebenen KWK-Anlagen (Blockheizkraftwerke – BHKW) vorwiegend im gewerblichen und kommunalen Bereich einen rasanten Anstieg, weil dort die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen besser waren. Es konnte allerdings trotz steigender Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen nicht verhindert werden, dass insgesamt der in KWK erzeugte Strom als Anteil an der gesamten Stromerzeugung allein in der Zeit von 1990 bis 2001 mangels geeigneter Förderinstrumente von 21 auf 14% zurückging. Der Stromverbrauch stieg dagegen in dieser Zeit um 47%.

14

Länder mit ähnlicher Bevölkerungs- und Wirtschaftsstruktur in Europa konnten deutlich höhere Anteile vorweisen: So liegt in den Ländern Niederlande, Finnland und Dänemark der KWK-Anteil an der Stromerzeugung bei 35–50%. Der Anteil der KWK an der deutschen Stromerzeugung ist somit eher bescheiden und bleibt weit hinter den technischen und ökonomischen Möglichkeiten zurück.

Erst seit 1998 wurde versucht, durch gesetzliche Bestimmungen die KWK stärker zu begünstigen und dieser Technik mit ihren Vorzügen zum Durchbruch zu verhelfen. Dies betraf folgende Gesetze und Regelwerke:

- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),
- Ökosteuern (Strom- und Energiesteuer),
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-Gesetz),
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG),
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG),
- Energieeinsparverordnung (EnEV),
- Treibhausgas-Emissionshandels-Gesetz (TEHG),
- TA Luft,
- EU-Richtlinien,
- Förderprogramme.

Bei so vielen Bestimmungen, Einschränkungen, Ausnahmen und zeitlichen Eingrenzungen ist es für einen Anwender der KWK extrem schwierig, den Überblick zu wahren und den konkreten wirtschaftlichen Vorteil zu sehen, der ihn von der bewährten und gewohnten Strom- und Wärmeversorgung abbringen soll. Zumal sich einzelne Bestimmungen im Nachhinein nicht als Förderung, sondern als Hemmnis für die KWK herausstellten. Fazit: Bis 2008 lässt der KWK-Ausbau trotz gewisser

Fortschritte zu wünschen übrig, obwohl die ökonomischen Voraussetzungen in den letzten Jahren günstiger sind als 1998 bis 2004. Ab 2009 wird durch ein spezielles Förderprogramm für BHKW eine starke Belebung des Marktes erwartet.

In der Abb. 8 wird versucht, die Bedeutung der gesetzlichen Rahmenbedingungen für die KWK zu bewerten. Die TA Luft hat nur einen sehr geringen und Förderprogramme einen sehr großen Einfluss auf die weitere Verbreitung der KWK.

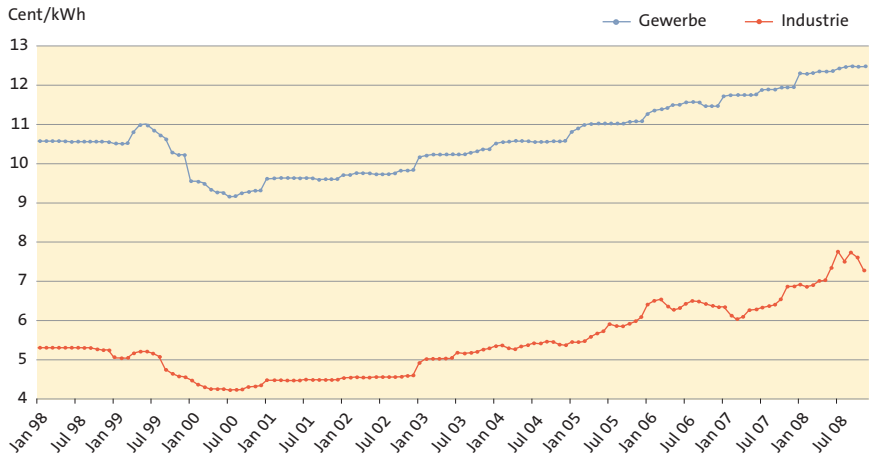


Abb. 7: Strompreise für Gewerbe und Industrie

1.3.1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)

Durch das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) von 1998 wurde in Deutschland eine Öffnung der Strommärkte (Liberalisierung) für den Wettbewerb eingeleitet. Der Gesetzgeber wollte die Gebietsmonopole der Verbundunternehmen aufbrechen und dem Stromabnehmer die freie Wahl zwischen mehreren Stromanbietern sowie eine leichte Netzeinspeisung z. B. aus KWK-Anlagen bis 30 kW_{el} ermöglichen. Die Liberalisierung führte zu einem unerwartet raschen und starken Rückgang der Strompreise vor allem für Weiterverteiler und industrielle Großabnehmer (Abb. 7).

Die gesunkenen Strompreise wirkten sich verheerend auf die Wirtschaftlichkeit der KWK aus. Die KWK-Anlagen in der Industrie und vor allem im kommunalen Bereich (Nah- und Fernwärme) gerieten damit in eine äußerst schwierige Wettbewerbssituation, weil sie mit ihren Stromgestehungskosten gegen ungewöhnlich niedrige Preise für den Strombezug bestehen mussten. Vorhandene KWK-Anlagen in der Industrie sowie bei kommunalen Stromversorgern wurden in erheblichem Umfang stillgelegt und zum Teil bereits dauerhaft vom Markt genommen. Erst im Jahre 2008 zogen die

Strompreise vor allem in der Industrie deutlich an, was gleich zu einem kleinen Boom bei den BHKW führte.

Diese KWK-Verhinderungspraxis war einer der Auslöser der Reform des EnWG im Jahr 2005. Entscheidende Neuerung und Ziel ist es nun, die überhöhten Netzgebühren von einer Regulierungsbehörde kontrollieren und überprüfen zu lassen, um dadurch die Konkurrenzfähigkeit von KWK-Strom zu erhöhen.

Problematisch ist jedoch: Den hohen Netzgebühren für den Fall der Stromdurchleitung stehen extrem niedrige vermiedene Netznutzungsentgelte von 0,15 bis 0,55 Cent/kWh gegenüber. Sie werden an den KWK-Betreiber bezahlt, weil er bei einer Niederspannungseinspeisung die Netze der höheren Spannungsebenen nicht beansprucht.

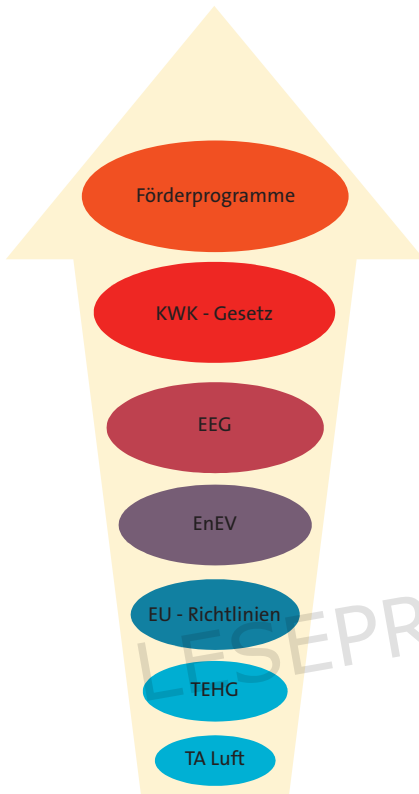


Abb. 8: Steigende Bedeutung im gesetzlichen Umfeld der KWK

1.3.2 Ökosteuern (Strom- und Energiesteuer)

Das im April 1999 in Kraft getretene „Gesetz zum Einstieg in die ökologische Steuerreform“ (sog. „Ökosteuergesetz“) und das „Gesetz zur Fortführung der ökologischen Steuerreform“ vom Dezember 1999 sehen für BHKW bei Einhaltung bestimmter Bedingungen Vergünstigungen bei der Energiesteuer vormals Mineralölsteuer und der Stromsteuer vor, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit dieser BHKW erheblich verbessert.

Das Energiesteuergesetz führt für BHKW mit einem Gesamt-Jahresnutzungsgrad (Strom- plus Nutzwärmeerzeugung im Verhältnis zum Brennstoffeinsatz) von mindestens 60% zu einer Befreiung von der (seit April 1999 erhobenen) zusätzlichen Mineralölsteuer auf den eingesetzten Brennstoff. BHKW mit einem Jahres- oder Monatsnutzungsgrad von mindestens 70% sind zusätzlich für das gesamte Jahr bzw. für die Monate, in denen dieser Nutzungsgrad erreicht wird,

von der „alten“ Mineralölsteuer befreit. Die mit der Gas- bzw. Ölrechnung gezahlte „alte“ Mineralölsteuer bzw. die gleichhohe „neue“ Energiesteuer wird für den gesamten Brennstoffeinsatz zur Erzeugung von Strom und Wärme auf Antrag vom zuständigen Hauptzollamt erstattet. Für Erdgas liegt die erstattungsfähige Belastung seit 2003 aus der Energiesteuer insgesamt bei 0,55 Cent je kWh.

Nach dem Stromsteuergesetz sind Betreiber von BHKW mit einer elektrischen Nennleistung von jeweils bis zu 2.000 kW_{el} von der Stromsteuer auf den BHKW-Strom befreit, den sie selbst verbrauchen. Darüber hinaus ist der Strom aus BHKW bis 2.000 kW_{el} von der Stromsteuer befreit, der „in räumlichem Zusammenhang“ zwischen Einspeiser und Abnehmer steht. Der räumliche Zusammenhang ist auch dann gegeben, wenn z. B. aus einem BHKW in einer Schule noch eine Hausmeisterwohnung, eine Turnhalle sowie über das öffentliche Stromnetz das Rathaus, die kommunale Straßenbeleuchtung und eine 4,5 km entfernte Kläranlage mit Strom versorgt werden. Die Einspeisung in das öffentliche Stromnetz bedeutet nicht zwangsläufig, dass eine Stromsteuer anfällt. Die Befreiung von der Stromsteuer gilt auch für Strom aus solchen BHKW, die von Dritten (z. B. per Contracting) für den Nutzer betrieben werden.

		seit 2003 in Cent/kWh			
		nicht Gewerbe unter 2 MW	Gewerbe unter 2 MW	nicht Gewerbe über 2 MW	Gewerbe über 2 MW
elektrischer Wirkungsgrad des BHKW	20%	5,1	3,1	3,0	1,8
	25%	4,5	2,7	2,4	1,5
	30%	4,1	2,4	2,0	1,2
	35%	3,8	2,3	1,7	1,0
	40%	3,6	2,1	1,5	0,9
	45%	3,4	2,0	1,4	0,8

Abb. 9: Minderung der Stromgestehungskosten durch die Ökosteuern bei einem Erdgas-BHKW in Cent/kWh

Der Regelsatz der Stromsteuer liegt seit 2003 bei 2 Cent/kWh. Die im Vergleich zum Strombezug erzielbare Steuerersparnis fällt allerdings geringer aus, wenn der BHKW-Betreiber aufgrund der Ausnahmeregelungen des Stromsteuergesetzes den geringeren Stromsteuersatz von 60% zu entrichten hat: So zahlen Unternehmen des produzierenden Gewerbes einen verminderten Satz von 1,2 Cent/kWh für die den Sockelbetrag von 500€ Steuerschuld übersteigende Strommenge. Die gesamte Ersparnis an Energie- und Stromsteuer geht aus der Abb. 9 hervor und beträgt für ein Erdgas-BHKW mit 50 kW_{el} bei einer Betriebsstundenzahl von 5.500 Stunden und einem elektrischen Wirkungsgrad von 30% im Jahr 11.000€. Damit wird die

Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit, die sich durch den starken Anstieg der Öl- und Gaspreise in 1999/2000 und 2004 für BHKW ergeben hat, weitgehend wettgemacht. Darüber hinaus konnte die Steuerentlastung jedoch keinen Investitionsschub für die KWK auslösen.

1.3.3 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Gesetz [2])

Die Ziele des Gesetzes, das seit 01.04.2002 in Kraft ist und zum 01.01.2009 das zweite Mal novelliert wurde, sind der „befristete Schutz, die Förderung, die Modernisierung und der Neubau von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie die Markteinführung der Brennstoffzelle sowie die Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärmenetzen“ (§ 2 KWK-Gesetz). So sollte bis zum Jahr 2020 durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung ein Ausbauziel von 25% erreicht werden. Dies bedeutet, dass der Anteil der KWK-Stromerzeugung an der gesamten Stromerzeugung von heute 12 auf 25% ansteigen soll.

18

Die Betreiber begünstigter Anlagen erhalten Zuschlagszahlungen für jede in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Kilowattstunde Elektrizität. Der Zuschlag für BHKW wird durch eine Deckelung begrenzt.

Die gezahlten Zuschläge werden zwischen den Netzbetreibern verrechnet und ausgeglichen, sie sind also keine Steuersubventionen. Sie werden auf die den Stromkunden berechneten Netznutzungsentgelte aufgeschlagen, wobei kleinere Abnehmer je Kilowattstunde Strombezug stärker und größere weniger belastet werden.

Unter das Gesetz fallen alle KWK-Anlagen auf Basis fossiler Brennstoffe. Einbezogen sind auch Anlagen, die Abfall und Biomasse (z. B. Biodiesel) verwerten, soweit der erzeugte KWK-Strom nicht nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet wird. Von der gesetzlichen Regelung werden sämtliche KWK-Technologien erfasst: alle Arten der Dampfturbinen- und Gasturbinen-Anlagen, Verbrennungsmotor-Anlagen, Stirling-Motor-, Dampf-Motor- und ORC (Organic-Rankine-Cycle)-Anlagen sowie Brennstoffzellen.

Durch das KWK-Gesetz werden die Betreiber von Netzen der allgemeinen Versorgung verpflichtet, KWK-Anlagen an ihr Netz anzuschließen und den in diesen Anlagen erzeugten KWK-Strom vorrangig abzunehmen. Der KWK-Strom ist damit dem EEG-Strom (Kapitel 1.3.4) gleichgestellt.

„Für den aufgenommenen KWK-Strom sind der Preis, den der Betreiber der KWK-Anlage und der Netzbetreiber vereinbaren, und ein Zuschlag zu entrichten“ (§ 4, Abs. 3). Die Höhe des Zuschlags wird im KWK-Gesetz (§ 7) differenziert nach der Leistungsgröße der Erzeugungsanlagen geregelt (Abb. 10), nicht jedoch der Preis selbst für den eingespeisten Strom und die vermiedene Netznutzung. Falls keine Vereinbarung zwischen dem vorgelagerten Netzbetreiber und dem Einspeiser von KWK-Strom hinsichtlich des Preises zustande kommen sollte, gilt der „übliche Preis“ als vereinbart, zuzüglich dem nach den anerkannten Regeln der Technik berechneten Teil der Netznutzungsentgelte, der durch die dezentrale Einspeisung durch diese KWK-Anlage vermieden wird“. Dieser vom Gesetzgeber nicht festgelegte Preisbestandteil wurde von den Netzbetreibern und den Versorgern dahin gehend ausgenutzt, dass dem KWK-Betreiber nur 0,15 bis 0,55 Cent/kWh für die vermiedene Netznutzung angeboten werden. Der „übliche Preis“ ist dagegen per Gesetz festgelegt: Als üblicher Preis gilt der durchschnittliche Preis für Baseload-Strom an der Strombörse EEX in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal. Dieser Preis betrug z. B. im 4. Quartal 2008 6,8 Cent/kWh (Abb. 11).

Elektrische Leistung	Cent/kWh	Max. Betriebsjahre	Max. Vollbenutzungsstunden
Bis 50 kW	5,11	10	–
50 kW bis 2 MW	2,1	6	30.000
> 2 MW	1,5	6	
Industrie (produzierendes Gewerbe)	1,5	4	

Abb. 10: Gesetzlich geregelter Zuschlag für KWK-Strom

LESEPROBE

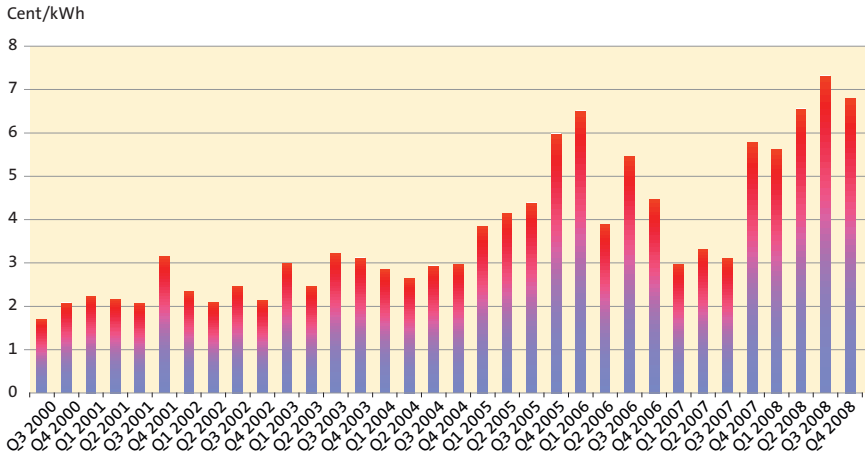


Abb. 11: Quartalspreise für Baseload-Strom an der EEX

Ein Anreiz durch das KWK-Gesetz besteht vor allem für Anlagen bis 50 kW_{el}. Die Wirtschaftlichkeit besteht vorwiegend auf der Verdrängung des (in kleineren Objekten vergleichsweise teuren) Strombezugs. Dazu kommt jedoch seit 01.01.2009 noch der Zuschlag auch für den selbst genutzten Strom. Damit haben sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gerade für kleine KWK-Anlagen deutlich verbessert.

1.3.4 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Das novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist seit 01.01.2009 in Kraft. Es regelt den vorrangigen Anschluss von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien und aus Grubengas. Das EEG hat ein übergeordnetes politisches Ziel, das im Paragraph 1 festgelegt ist: Das Gesetz verfolgt das Ziel, den Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30% und danach kontinuierlich weiter zu erhöhen.

Die Mehrkosten durch das EEG werden nicht vom Staat, sondern von der Gesamtheit der Stromverbraucher getragen. Der Anteil des EEG-Stroms lag 2007 bei rd. 14%, der durchschnittliche Wert bei 11 Cent/kWh.

Das EEG sieht für die KWK zusätzliche Vergütungen vor. Es gibt einen Bonus von 3 Cent/kWh, wenn die KWK mit Biomasse oder Biogas betrieben und die Wärme genutzt wird. Letzteres ist bei einer KWK-Anlage immer gegeben. Zusätzlich gibt es noch einen Technologie-Bonus von 2 Cent/kWh, wenn spezielle Technologien wie z. B. Gas-aufbereitung, Trockenfermentation oder Stromgewinnung durch Brennstoffzellen, ORC-Anlagen, Stirling-Motoren zum Einsatz kommen. Die Vergütungssätze für eine

Verstromung von Biogas und Biomasse in KWK-Anlagen sind in der Abb. 12 zusammengefasst. Danach kann die Vergütung für eine Biogas-KWK-Anlage bis 150 kW_{el} unter Ausnutzung aller Boni maximal 30,7 Cent/kWh ausmachen.

Anlagengröße	bis 150 kW	bis 500 kW	bis 5 MW	bis 20 MW
Biogasverstromung				
Grundvergütung 2009	11,67	9,18	8,25	7,79
Gülle-Bonus (mind. 30 %-Anteil)	4	1		
NAWARO-Bonus	7	7	4	
Immissionsschutz-Bonus/ Formaldehydwerte	1	1		
KWK-Bonus (nicht modernisierte Anlagen)	3	3	3 (2)	3 (2)
Landschaftspflege-Bonus	2	2		
Technologie-Bonus*	2	2	2	
Holzverstromung				
Grundvergütung 2009	11,67	9,18	8,25	7,79
NAWARO-Bonus (Kurzumtrieb/Landschaftspflege)	6	6	2,5 (4)	
KWK-Bonus (nicht modernisierte Altanlagen)	3	3	3 (2)	3 (2)
Technologie-Bonus	2	2	2	2
Strom aus Pflanzenöl				
Grundvergütung 2009	11,67	9,18	8,25	7,79
NAWARO-Bonus	6			
KWK-Bonus (nicht modernisierte Altanlagen)	3	3	3 (2)	3 (2)
Technologie-Bonus	2	2	2	
*Gaseinspeisung:	bis 350 m ³ – 2 Cent/kWh		bis 700 m ³ – 1 Cent/kWh	
<ul style="list-style-type: none"> • Die Degression beträgt ab 01.01. 2009 jährlich 1,0% auf die Gesamtvergütung • Förderzeitraum: 20 Jahre mit festgelegter Vergütung • NAWARO: Spezielle Energiepflanzen, land- und forstwirtschaftliche Reststoffe • NAWARO-Bonus: nur bei Biogas auch anteilige Verwertung möglich 				

Abb. 12: Vergütungssätze nach dem EEG für die Verstromung von Biogas und Biomasse in KWK-Anlagen in Cent/kWh

Die Auswirkungen dieser im Vergleich zu den Bonuszahlungen nach dem KWK-Gesetz z. T. deutlich höheren Vergütungen können gegenwärtig nur schwer abgeschätzt werden. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass es nochmals zu einem deutlichen Ausbau speziell von Biogasanlagen mit BHKW kommen wird.

Außer den Biogasanlagen sind in der Abb. 4 noch weitere aussichtsreiche KWK-An-

wendungen aufgeführt, die unter das EEG fallen. Durch das EEG werden diese Anlagen seit dem 01.01.2009 deutlich besser gestellt.

1.3.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG

Eigentümer von Gebäuden, die neu gebaut werden, müssen ihren Wärmebedarf ab 01.01.2009 anteilig mit erneuerbaren Energien decken. Diese Nutzungspflicht trifft alle Eigentümer, egal ob Private, Staat oder Wirtschaft. Das gilt auch, wenn die Immobilie vermietet wird. Genutzt werden können alle Formen von erneuerbaren Energien. Wer keine erneuerbaren Energien einsetzen will, kann ersatzweise andere klimaschonende Maßnahmen ergreifen: Eigentümer können ihr Haus stärker dämmen, Wärme aus Fernwärmenetzen beziehen oder Wärme aus KWK-Anlagen nutzen, wenn diese einen Anteil von 50 % am Wärmebedarf deckt.

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) soll dazu beitragen, den Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme (Raum-, Kühl- und Prozesswärme sowie Warmwasser) bis zum Jahr 2020 auf 14 % zu erhöhen. Die Auswirkungen des EEWärmeG auf die KWK dürften gering sein, weil die KWK hier nur eine Ersatzmaßnahme darstellt und damit in Konkurrenz zu anderen Technologien der Wärmebereitstellung steht.

1.3.6 Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die seit 01.02.2002 geltende „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ (EnEV) wurde in mehreren Schritten reformiert. Die Fassung für 2009 wird auf eine weitere Verschärfung der Anforderungen bzw. eine Reduzierung des Wärmebedarfs hinauslaufen.

KWK-Systeme spielen in der EnEV eine besondere Rolle, weil ihnen der Vorteil des KWK-Prinzips bei der Berechnung des Primärenergiebedarfes angerechnet wird. Die Anforderung an den Wärmeschutz, bestimmte U-Werte für einzelne Bauteile oder das gesamte Gebäude einzuhalten, ändern sich dadurch nicht.

Die EnEV mit der Vergünstigungsklausel für KWK-Systeme hat bisher nicht dazu geführt, dass Bauherren sich vermehrt für BHKW entschieden haben. Dazu ist der wirtschaftliche Vorteil, der sich aus der EnEV für die KWK ergibt, auch viel zu gering.

1.3.7 Treibhausgas-Emissionshandels-Gesetz (TEHG)

Der Emissionshandel – festgelegt durch das Treibhausgas-Emissionshandels-Gesetz (TEHG) – geht auf eine EU-Richtlinie zurück und begann am 01.01.2005. Ziel ist es,

den Ausstoß der Industrie an Kohlendioxid so zu senken, dass die Gemeinschaft bis 2012 ihren Gesamtausstoß an Treibhausgasen um 8% gegenüber 1990 senken kann. Denn dazu hat sich die EU im Kyoto-Protokoll verpflichtet. Deutschland muss den Ausstoß von Treibhausgas bis 2012 um 21% senken. Derzeit sind 19 Prozentpunkte erreicht. Die Idee des Emissionshandels: Wer umweltfreundlich produziert, kann Emissionsrechte verkaufen, wer stärker verschmutzt, muss zukaufen. Am Emissionshandel müssen sich ca. 2.600 „energieintensive“ Betriebe beteiligen. Dazu zählen alle Betriebe mit KWK-Anlagen über 20 MW Feuerungswärmeleistung, was einer elektrischen Leistung zwischen ca. 4 und 10 MW entspricht. Für motorbetriebene BHKW wird die Grenze bei 8 MW liegen.

Die KWK stellt hinsichtlich Kosten und Minderungsvolumen eine wichtige Option der CO₂-Vermeidung dar. Damit kommt den KWK-Anlagen im EU-Emissionshandelssystem eine besondere Bedeutung zu. Dies gilt sowohl für die KWK in der öffentlichen Fernwärmeversorgung als auch für die industrielle KWK.

23

Ein spezielles Problem besteht darin, dass der CO₂-Ausstoß bei gleichzeitiger Produktion von Strom und Wärme höher sein kann als bei reiner Stromerzeugung. Daher müssen negative Anreize für eine Wärmeauskoppelung vermieden werden.

Negativanreize für bestehende KWK-Anlagen werden kompensiert, indem den Betreibern von KWK-Anlagen zusätzliche Emissionsberechtigungen zugeteilt werden, die an die Realisierung der KWK gebunden sind. Die Effizienz der KWK-Anlagen soll dabei angemessen berücksichtigt werden, was in einem Anrechnungsverfahren geschieht. Diese Sonderzuteilung für KWK-Anlagen beträgt 27 t CO₂-Äquivalent je GWh_{el}. Setzt man einen Börsenpreis von 8 € je Tonne CO₂ an, so bedeutet dies 0,02 Cent/kWh. Es ist nicht zu erwarten, dass dadurch ein besonderer Anreiz gegeben ist, vermehrt in KWK-Anlagen oder speziell in große BHKW zu investieren oder aber die bestehenden Anlagen besser auszulasten.

1.3.8 TA Luft

Die neue Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) ist seit 01.10.2002 in Kraft. Sie löst die aus dem Jahre 1986 stammende TA Luft ab. Mit der TA Luft 2002 [3] wird den Behörden wieder ein modernes Instrument zur Luftreinhaltung an die Hand gegeben, welches zugleich zu mehr Rechtssicherheit und damit Planungssicherheit bei der Genehmigung von Anlagen führt. Sie konkretisiert die Anforderungen, die bei der Genehmigung von industriellen und gewerblichen Anlagen von den zuständigen Vollzugsbehörden zu beachten sind.

Gasmotoren		
NO_x-Grenzwert		
für Magermotoren	500	mg/m ³
für sonstige 4-Takt-Motoren	250	mg/m ³
bei Zweitaktmotoren	80	mg/m ³
CO-Grenzwert		
Erdgas und andere Gase	300	mg/m ³
für Bio- und Klärgas		
≥ 3 MW	650	mg/m ³
< 3 MW	1.000	mg/m ³
Grubengas	650	mg/m ³
Dieselmotoren		
NO_x-Grenzwert		
für Selbstzündungsmotoren ≥ 3 MW	500	mg/m ³
für Selbstzündungsmotoren < 3 MW	1.000	mg/m ³
CO-Grenzwert		
für Selbstzündungsmotoren	300	mg/m ³
Staub-/Partikelgrenzwert		
für Selbstzündungsmotoren	20	mg/m ³
Zündstrahlmotoren		
CO-Grenzwert		
≥ 3 MW	650	mg/m ³
< 3 MW	2.000	mg/m ³
NO_x-Grenzwert		
für Bio- und Klärgas		
≥ 3 MW	500	mg/m ³
< 3 MW	1.000	mg/m ³

Abb. 13: Grenzwerte der TA Luft seit dem 01.10.2002

Mit der neuen TA Luft wird eine bundeseinheitliche Praxis bei Genehmigung, wesentlichen Änderungen und Sanierung genehmigungsbedürftiger Anlagen sichergestellt. Die Emissionsgrenzwerte für Motor-BHKW sind in der Abb. 13 enthalten. Die Grenzwerte bei den Motoranlagen gelten ab einer Feuerungswärmeleistung von 1 MW, was in etwa einer elektrischen Leistung von 300 bis 400 kW_{el} entspricht. Klärgasanlagen – früher grundsätzlich genehmigungsbedürftig – benötigen nun erst ab einer Feuerungswärmeleistung von über 1 MW eine Genehmigung nach TA Luft. Bei Biogasanlagen wurde die Grenze von 350 auf 1.000 kW Feuerungswärmeleistung angehoben, was den zu erwartenden Boom in der Landwirtschaft beschleunigen wird.

Mit der neuen TA Luft wurden die NO_x -Grenzwerte bei Dieselmotoren auf ein Viertel abgesenkt. Schon vor 2002 waren die Hersteller von BHKW bemüht, entsprechend dem Stand der Technik die Emissionen zu senken. Oft sind Fördermaßnahmen an niedrigere Grenzwerte z. B. „1/2-TA Luft“ gebunden gewesen. Mit den heutigen Motortechniken und Abgasreinigungssystemen bereitet es keine Schwierigkeiten, alle Grenzwerte einzuhalten. Ein Hemmnis oder gar eine Behinderung der BHKW-Markteinführung bestand nicht und wird auch nicht erwartet. Die Grenzwerte folgen mehr dem Stand der Technik als dass sie neue Technologien anregen. Bei der Diskussion um Grenzwerte muss immer berücksichtigt werden, dass BHKW deutlich niedrigere Emissionen haben als die ungekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung.

1.3.9 TA Lärm

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) ist wie die TA Luft eine Verwaltungsvorschrift nach dem Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG). Die Grenzwerte der Abb. 14 gelten auch für nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen wie z. B. kleine BHKW, wobei die „Vorbelastung“ berücksichtigt werden muss. Die TA Lärm gilt seit 01.11.1998.

Außerhalb von Gebäuden		
a) in Industriegebieten	70 dB(A)	
b) in Gewerbegebieten	tags 65 dB(A)	nachts 50 dB(A)
c) in Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten	tags 60 dB(A)	nachts 45 dB(A)
d) in allgemeinen Wohngebieten und Kleinsiedlungsgebieten	tags 55 dB(A)	nachts 40 dB(A)
e) in reinen Wohngebieten	tags 50 dB(A)	nachts 35 dB(A)
f) in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	tags 45 dB(A)	nachts 35 dB(A)
Innerhalb von Gebäuden		
Bei Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden oder bei Körperschallübertragung betragen die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel für betriebsfremde schutzbedürftige Räume nach DIN 4109, Ausgabe November 1989, unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der in a bis f genannten Gebiete:		
tags 35 dB(A) nachts 25 dB(A)		

Abb. 14: Immissionsrichtwerte für Lärm nach der TA Lärm vom 01.11.1998

Wichtig für den BHKW-Betreiber ist die Unterscheidung zwischen der Geräuschemission des BHKW von z. B. 65 dB(A) in 1 m Abstand (im Heizungskeller) und dem für die TA-Lärm maßgeblichen maximalen Immissionsrichtwert von 40 dB(A) im Einwirkungsbereich (also z. B. an der Grenze zum Nachbargrundstück). Die meisten BHKW-Kompaktmodule mit einer Schallschutzkapsel und einem zusätzlichen

Abgasrohrschalldämpfer halten die o.g. Grenzwerte für den Außenbereich ein. Den Geräuschübertragungen und Körperschallübertragungen innerhalb von Gebäuden ist ein besonderer Stellenwert beizumessen. Da es sich bei BHKW mit Verbrennungsmaschinen um Hubkolbenmotoren handelt, sollten Beeinträchtigungen durch Lärm und Körperschall innerhalb des Gebäudes (u.a. in den Räumen direkt über dem BHKW-Aufstellungsraum) ausgeschlossen werden.

Dass es sich bei der TA Lärm um eine die BHKW-Entwicklung hemmende Vorschrift handelt, ist nicht zu erkennen. Auch die Kosten für den Schallschutz halten sich in Grenzen.

1.3.10 EU-Gebäuderichtlinie und KWK-Richtlinie

26

Die EU sieht die KWK zwar als Mittel zur Energieeinsparung, bemerkt aber auch, dass das KWK-Potenzial in der Gemeinschaft nicht voll genutzt wird. Die EU versucht daher, durch verschiedene Richtlinien die Rahmenbedingungen für die KWK zu verbessern und den Wettbewerb auf dem Strombinnenmarkt zu stärken.

Seit 01.01.2003 ist die EU-Richtlinie 2002/91/EG zur Energieeffizienz von Gebäuden in Kraft. Sie ist in Form der EnEV und der damit verbundenen DIN-Vorschriften in nationales Recht umgesetzt worden. Neben den von den Mitgliedsstaaten zu konkretisierenden Mindestanforderungen an Gebäude ist bei neuen Gebäuden mit einer Gesamtnutzfläche von mehr als 1.000 m² zu gewährleisten, dass die technische, wirtschaftliche und ökologische Einsetzbarkeit alternativer Systeme, wie u. a. die KWK vor Baubeginn zu berücksichtigen ist. Ebenso muss der positive Einfluss der „Elektrizitätsgewinnung durch die KWK“ berücksichtigt werden. Hier bietet sich vor allem für Planungsbüros die Chance das KWK-Potenzial im Wohnungsbereich auszuschöpfen.

In einer zweiten Richtlinie kommt die Zielsetzung bereits deutlich im Titel zum Ausdruck: „Richtlinie über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten KWK im Energiebinnenmarkt“. Diese Richtlinie hat die Bundesregierung in Form des KWK-Gesetzes in nationales Recht umgesetzt. Als „hocheffizient“ gilt eine KWK-Anlage über 1 MW_{el} laut der EU-Richtlinie, wenn sie mindestens eine Primärenergieeinsparung von 10% gegenüber den Werten einer getrennten Strom- und Wärmeerzeugung ergibt. Anlagen unter 1 MW_{el} gelten ebenfalls als hocheffizient, wenn sie überhaupt eine Primärenergieeinsparung bringen. Geht man von durchschnittlichen Verhältnissen in Deutschland aus, so liegen die Einsparungen durch den Einsatz von BHKW zwischen 25 und 40% (Abb. 2), sie sind also alle „hocheffizient“ und erfüllen damit leicht die eher schwache Anforderung einer „hocheffizienten“ KWK-Anlage.

1.4 Förderprogramme

Das Impulsprogramm Mini-KWK-Anlagen geht auf eine BMU-Klimaschutzinitiative zurück, die im Rahmen des Integrierten Klima- und Energieprogramms (IKEP) der Bundesregierung den stärkeren Einsatz von KWK-Anlagen durch Zuschüsse zu Investitionen in Neuanlagen mit einer Leistung bis maximal $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ seit 01.01.2009 fördert.

Die Anforderungen

- Leistungsbereich bis $50 \text{ kW}_{\text{el}}$,
- Übertreffen der EU-Richtlinie (Kapitel 1.3.10) für KWK-Kleinstanlagen: mind. 10 % Primärenergieeinsparung, mind. 80 % Jahresnutzungsgrad,
- Vollwartungsvertrag vom Hersteller,
- integrierter Stromzähler,
- Einhaltung der jeweils gültigen TA-Luft,
- Kein Einsatz in Gebieten mit Fernwärmeversorgung überwiegend aus KWK-Anlagen werden von den Herstellern im allgemeinen erfüllt.

27

Die Basisfördersätze sind zunächst von der Größe des BHKW abhängig:

Leistung Min. (kW)	Leistung Max. (kW)	Förderbetrag in € je kW_{el} kumuliert über die Leistungsstufen
> 0	≤ 4	1.550
> 4	≤ 6	775
> 6	≤ 12	250
> 12	≤ 25	125
> 25	≤ 50	50

Abb. 15: Basisfördersätze je kW_{el}

Dazu kommt noch eine Bonusförderung für Anlagen mit besonders geringen Schadstoffemissionen, die jeweils den halben Wert der TA Luft-Vorgaben für NO_x und CO einhalten müssen:

Leistung Min. (kW)	Leistung Max. (kW)	Förderbetrag in € je kW_{el} kumuliert über die Leistungsstufen
> 0	≤ 12	100
> 12	≤ 50	50

Abb. 16: Bonusfördersätze je kW_{el}

Als Beispiel wird ein BHKW mit $10 \text{ kW}_{\text{el}}$ gewählt, das auch die Vorgaben der TA Luft erfüllt. Für dieses BHKW berechnet sich eine Basisförderung von 8.750 € ($4 \times 1.550 + 2 \times 775 + 4 \times 250$). Dazu kommt noch die Bonusförderung von 1.000 € (10×100). Der Abb. 17 kann die Förderung in Abhängigkeit von der Größe des BHKW entnommen werden.

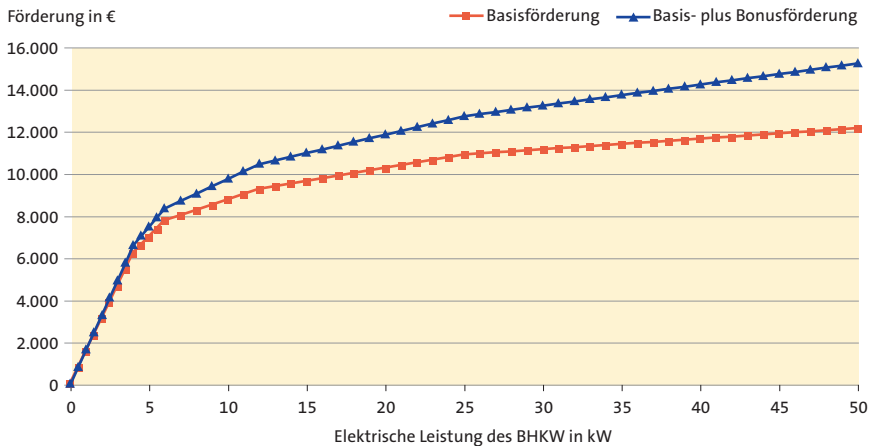


Abb. 17: Förderung von BHKW bis 50 kW_{el}

Die genannten Fördersätze beziehen sich auf 5.000 Vollbenutzungsstunden. Wird z. B. nur die Hälfte an Vollbenutzungsstunden erreicht, betragen die Fördersätze auch nur die Hälfte. Deckt ein BHKW zu 100% einen Raumwärmebedarf, so können nur 1.200 bis 2.500 Vollbenutzungsstunden erwartet werden. Es werden demnach die Anlagen mit hohen Vollbenutzungsstunden belohnt, die vorwiegend in der Grundlast betrieben werden. Die Spitzenlast im Winter übernimmt ein weiterer Wärmeerzeuger. Die Höchstförderung wird mit 5.000 Vollbenutzungsstunden erreicht.

Es wird noch kontrovers diskutiert, ob das an sich sehr gut ausgestattete Impulsprogramm für BHKW der KWK im Wohnbereich zu einem Durchbruch verhelfen kann. Als Hemmnis dürfte sich der „Wartungsvertrag des Herstellers“ erweisen. Um mehr die Gesetze des freien Marktes zu nutzen, wäre die freie Wahl eines Serviceanbieters sinnvoller. Auch eine Service-Eigenleistung oder die Inanspruchnahme von Fachhandwerkern sollte nicht unterbunden werden.

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen wie das KWK-Gesetz, das EEG oder das EEWärme-Gesetz wollen die KWK auf unterschiedliche Weise finanziell fördern bzw. ihr einen wirtschaftlichen Vorteil verschaffen. Das KWK-Gesetz befasst sich speziell mit der Förderung der KWK durch die Bonuszahlungen für den in KWK erzeugten Strom (Abb. 10). Es gibt aber zusätzlich noch Förderprogramme, die unter anderem auch KWK-Anlagen durch Zuschüsse oder günstige Kredite fördern. Dazu zählen das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm und auch Förderprogramme auf Landes- oder Kommunalebene (z.B. Thüringen, Hannover). Der Nachteil aller Förderprogramme besteht darin, dass sie bei flächendeckender Inanspruchnahme sehr rasch gekürzt oder einfach nicht verlängert werden.

1.5 Hemmnisse

Die in Kapitel 1.3 und 1.4 genannten gesetzlichen Bestimmungen, die sämtlich eine Förderung der KWK und speziell der BHKW beinhalten, sind in ihren wechselseitigen Abhängigkeiten und Einzelbestimmungen nur schwer nachvollziehbar. Damit liegt v.a. das riesige Potenzial kleiner Anwender brach, da es auch unter „Fachleuten“ nur wenige gibt, die bei Investitionssummen von oftmals unter 20.000€ entsprechende Aufklärungsarbeit leisten können und wollen.

Dies ist umso problematischer, als es für einen verstärkten Einsatz von BHKW außerdem noch zahlreiche Hemmnisse gibt, die selbst bei prinzipiell erreichbarer Wirtschaftlichkeit die Durchsetzung am Markt behindern bzw. gänzlich verhindern.

Zu nennen sind hier zum einen die heute noch recht aufwendigen Verfahren zur Einholung von Genehmigungen und Erlaubnissen, die sich insbesondere bei Klein-BHKW negativ auswirken. Oft ist auch bei kleinen Anlagen eine Baugenehmigung erforderlich, da sie nur in manchen Bundesländern in der Bauordnung von der formellen Antragstellung freigestellt sind. Zudem muss jeder Betreiber eines BHKW derzeit vor Inbetriebnahme eine Erlaubnis des zuständigen Hauptzollamts zur Verwendung von steuerbegünstigtem Brennstoff einholen, während die Gewährung der gleichen Steuervergünstigung für den oft im gleichen Raum stehenden Heizkessel eine Selbstverständlichkeit ist, für die es keines formellen Verfahrens bedarf.

Durch die Beantragung der Energiesteuererstattung sowie der Befreiung von der Stromsteuer ist das Verfahren bei den Hauptzollämtern immer noch viel zu kompliziert und wirkt mit der Vielzahl von Formularen, Auflagen und Kontrollen abschreckend auf potenzielle Betreiber. Andererseits handelt es sich aber um Beträge, die die Wirtschaftlichkeit gerade eines kleinen BHKW erheblich beeinflussen. Ein Klein-BHKW mit 5 kW_{el} , das 6.000 Stunden im Jahr läuft, spart durch die Strom- und die Energiesteuer 1.300€.

Hinzu kommt, dass jedes BHKW vom örtlichen Stromversorger daraufhin überprüft wird, ob es der vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) erarbeiteten Richtlinie für den Netzparallelbetrieb entspricht und ob es die ergänzenden Vorschriften des lokalen Versorgers einhält, damit keine negativen Netzzrückwirkungen vorkommen können. Soweit erdgasbetriebene BHKW zum Einsatz kommen, muss die Fachkunde des Installationsbetriebs und der fachlich einwandfreie Einbau auch von Seiten des Gasversorgers bescheinigt sein.

Nicht zuletzt erfordert auch das KWK-Gesetz einen zusätzlichen Antrag beim BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle), wenn für Anlagen unter $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ der

Bonus von 5 Cent/kWh gezahlt werden soll. Dieser Antrag ist jährlich zu stellen und kostet für Anlagen zwischen 10 und 50 kW_{el} 75 €. Bei Anlagen über 2 MW ist noch ein Sachverständigengutachten notwendig, wenn die Anlage kein Serienprodukt ist.

Neben diesen Hürden in Form von Verfahren zur Einholung von Genehmigungen und Erlaubnissen gibt es aber auch eine ganze Reihe von ökonomischen und organisatorischen Hemmnissen bei den potenziellen Investoren – wie kleinen und mittleren Unternehmen, Kommunen und öffentlichen Einrichtungen, aber auch bei Bürgern, Politikern und den Versorgungsunternehmen.

Stichwortartig lässt sich die Situation so charakterisieren:

30

- mangelnde Kenntnisse über die einfachen Zusammenhänge der KWK v. a. beim Privatmann als Entscheidungsträger im Wohnungsbau,
- mangelndes technisches Know-how und fehlende Kenntnis der vertragsrechtlichen Situation beim Energiebezug,
- uneinlösbar hohe Rentabilitätsanforderungen an BHKW-Anlagen wegen der Konkurrenz zu anderen Rationalisierungsinvestitionen,
- Finanzierungsprobleme insbesondere bei öffentlichen Haushalten,
- fehlende Motivation zur Verminderung der Energiekosten,
- hoher Aufwand für die erforderlichen Voruntersuchungen bei ungewissem Ausgang,
- hohe Planungskosten,
- eine Trägheit, die verhindert, von der bewährten Wärme- und Stromversorgung abzuweichen und vieles andere mehr.

Die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Hemmnisse ist in der Abb. 18 dargestellt. Danach hat das mangelnde Know-how nur einen geringen, aber die Wirtschaftlichkeit einen sehr hohen Einfluss auf die Investitionsentscheidung für eine KWK-Anlage.

Gerade bei BHKW kleiner Leistung wirken sich solche Faktoren besonders deutlich aus, denn der notwendige Planungsaufwand und Wissenserwerb sowie die oft langwierige Überzeugungsarbeit unter den Beteiligten muss für eine insgesamt recht begrenzte Investitionssumme geleistet werden.

Darüber hinaus partizipieren BHKW notgedrungen an den Elektrizitätsmärkten, die zwar für den Wettbewerb geöffnet wurden, in denen aber insbesondere das Netzmonopol mit einem komplizierten Regulierungssystem dem jeweiligen Betreiber (und Stromversorger) eine sehr starke Stellung gegenüber dem Betreiber eines BHKW verschafft. Gerade bei kleineren BHKW sind die potenziellen Anwender im Verhältnis zu den Unternehmen der Versorgungswirtschaft ökonomisch schwächer und auf diesem

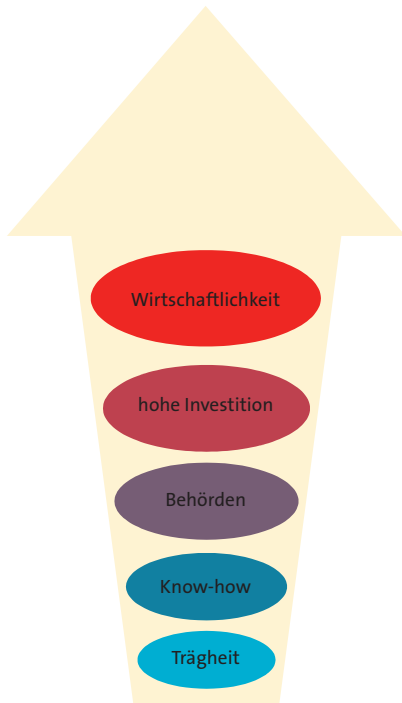


Abb. 18: Bewertung der einzelnen Hemmnisse bei der Umsetzung der KWK

Gebiet meist unerfahren. Deshalb können sie sich aufwendige Verhandlungen oder gar juristische Auseinandersetzungen über Reststromversorgung, Netznutzungsentgelte und technische Anschlussbedingungen kaum leisten – zumal im Zusammenhang mit einer BHKW-Investition, die zur Aufrechterhaltung ihrer Versorgung mit Wärme und Strom nicht zwingend erforderlich ist, sondern die ‘nur’ der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dient und die ansonsten – vielleicht – einen mäßigen wirtschaftlichen Ertrag bringt.

Die Überarbeitung des Energierechts mit einer Regulierungsbehörde für die Netznutzung hat an dieser Situation nur wenig geändert. Die Hervorhebung der „besonderen Bedeutung“ der KWK für die Umweltverträglichkeit der Energieversorgung ist definitionsgemäß im neuen EnWG enthalten. Hilfreich für ein kleines Marktsegment ist allenfalls die Regelung in § 37 Abs. (1) EnWG, wo klargestellt wird, dass

Eigenerzeuger mit BHKW-Anlagen bis zu 50 kW elektrischer Leistung Anspruch auf Bezug des benötigten Reststroms zu Tarifkonditionen haben.

Durch das bestehende Energierecht wird theoretisch die Möglichkeit eingeräumt, den Stromlieferanten aber auch den Abnehmer von BHKW-Strom frei zu wählen. In der Praxis werden aber meist diskriminierende Konditionen für die Bereitstellung von Reserve- und Zusatzstrom beim jeweiligen Gebietsversorger und hohe Netznutzungsentgelte für die Stromlieferung an einen auch nahe gelegenen Abnehmer festgestellt.

Derzeit ökonomisch interessant, und auch durch die Bundesnetzagentur technisch und energierechtlich abgesichert, ist die Belieferung der Nutzer in größeren Wohnanlagen mit KWK-Strom. Allerdings kommt es in Eigentums-Wohnanlagen und in Mietwohnungsgebäuden selten zu einer Einigung, weil es noch keine standardisierte Vertragslösungen gibt. Die Transaktionskosten sind zu hoch und eine tragfähige Regelung scheitert an den unterschiedlichen Zielvorstellungen von Investor und Nutzer.

14 Zum Autor

Dipl.-Ing. Wolfgang Suttor



(Jahrgang 1947) hat nach dem Studium der Elektrotechnik an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München gearbeitet. Er setzt sich seit über 30 Jahren als freier Berater für einen sparsamen, rationalen und umweltschonenden Energieeinsatz ein. Er ist Autor verschiedener Bücher und Herausgeber des Loseblattwerkes „Praxis Kraft-Wärme-Kopplung“.

Kontakt:

Wolfgang Suttor
Steinbach 2
84152 Mengkofen

E-Mail: suttor@t-online.de

LESEPROBE